



INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA

Escola Superior Agrária

Mestrado em Agronomia



Cultura da Alface em Semi-Hidroponia

Sónia Jesus Valentim Rodrigues

Beja

2015

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA

Escola Superior Agrária

Mestrado em Agronomia

Cultura da Alfaca em Semi-Hidroponia

**Dissertação de mestrado apresentada na Escola Superior Agrária do Instituto
Politécnico de Beja**

Elaborado por:

Sónia Jesus Valentim Rodrigues

Orientado por:

Professora Doutora Mariana Augusta Casadinho Parrinha Duarte Regato

Coorientadoras:

Professora Doutora Maria de Fátima Carvalho

Professora Doutora Adelaide Araújo Almeida

Beja

2015

Agradecimentos

Agradeço ao Professor Doutor Mariana Regato pela oportunidade de realizar este trabalho com a sua orientação e pela disponibilidade, ajuda, simpatia e conhecimentos transmitidos ao longo deste percurso.

Agradeço à Professora Doutora Maria de Fátima Carvalho e à Professora Doutora Adelaide Araújo Almeida pela ajuda e pela disponibilidade que me prestaram para a elaboração desta dissertação.

Agradeço à Escola Superior Agrária e a todos os docentes pelos conhecimentos transmitidos ao longo do tempo e pela simpatia e disponibilidade sempre demonstrada.

Agradeço à Engenheira Idália Guerreiro, sem ela não teria conseguido iniciar e concluir os ensaios, foi incansável, não tenho palavras suficientes para agradecer.

Agradeço a todas as Técnicas do Laboratório de tratamento de Águas e também do Laboratório de Agricultura, por todas análises efetuadas e pela ajuda no tratamento dos resultados.

Agradeço ao meu colega e amigo João Guerreiro pela imensa ajuda, amizade e apoio que foi essencial para a realização deste trabalho, não apenas porque sem a sua colaboração não teria conseguido terminar, mas também por todo o companheirismo e apoio que me deu ao longo do todo o nosso percurso académico em comum.

Agradeço a todos os meus amigos que estiveram sempre disponíveis para me apoiar em todos os momentos mais difíceis.

Agradeço principalmente, do fundo do meu coração, à minha família, ao meu companheiro, e aos meus sogros, porque sem eles nada disto tinha sido

possível, estiveram sempre comigo nos bons e maus momentos, deram-me força para ultrapassar todas as adversidades.

A todos vós os meus sinceros agradecimentos e um muito obrigado

Índice

Introdução	1
I – Revisão de Literatura	2
1.1. – A importância da cultura da alface no Mundo e em Portugal.....	2
1.1.1. - Estatísticas sobre a produção:.....	2
1.1.2 – Aspectos culturais da alface	3
1.1.3. - Material Vegetal	5
1.1.4. - Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo	8
1.1.5. - Exigências climáticas.....	9
1.1.6. - Preferências edáficas	10
1.1.7. - Tecnologia de produção	11
1.1.8. - Inimigos da Cultura	12
1.1.9. - Colheita e pós-colheita	14
1.2. - Fatores que influenciam a cultura hidropónica	17
1.2.1. -Preparação do terreno	17
1.2.2 - Solução nutritiva	19
1.2.3. - Uso de águas salinas.....	20
1.2.4. – Gestão da água de rega	20
1.2.6. - Vantagens e Desvantagens do Uso da Técnica de Hidroponia.....	22
1.2.7 - Técnica de fluxo laminar de nutrientes (NFT)	24
1.2.8. - Cultura da alface em sistema NFT	27
1.3. - A Cultura da alface com efluentes tratados	27
II – Material e Métodos	29
2.1. - Localização do Ensaio	29
2.2. - Primeiro Ensaio – Cultivo hidropónico da cultura da alface em sistema NFT com SNAS	30
2.2.1. - Instalação e condução do ensaio	33
2.3. - Segundo Ensaio – Cultivo hidropónico da cultura da alface em sistema NFT com SNART.....	36
2.4. – Determinação do peso fresco e seco do material vegetal e teor de clorofila	38
2.5. - Procedimentos analíticos.....	39
2.5.1. - Análises químicas das alfaces	39

2.5.2. - Recolha e armazenagem das amostras das soluções nutritivas ...	39
2.6. - Monitorização das características físico-químicas das soluções nutritivas.....	40
2.7. - Análises estatísticas	40
III - Resultados e discussão	42
3.1. - Primeiro ensaio.....	42
3.1.1. - Efeito do substrato no número de folhas da alface em SNAS	42
3.1.2. - Efeito do substrato no diâmetro (cm) do repolho com SNAS.....	43
3.1.3. - Efeito do substrato no peso fresco (g) da parte aérea em SNAS ..	43
3.1.4. - Efeito do substrato no peso seco (g) da parte aérea em SNAS	44
3.1.5. - Efeito do substrato no resultado do teor de nutrientes na parte aérea.....	45
3.1.6. - Efeito do substrato no Índice de clorofila (unidades SPAD).....	46
3.2. - Segundo Ensaio	47
3.2.1 - Efeito do substrato no número de folhas em SNART	47
3.2.2. - Efeito do substrato no diâmetro (cm) do repolho em SNART	48
3.2.3. - Efeito do substrato no peso fresco (g) da parte aérea em SNART	48
3.2.4. - Efeito do substrato no peso seco (g) da parte aérea em SNART ..	49
3.3 - Avaliação do desempenho do Sistema hidropónico na remoção de nutrientes das soluções nutritivas SNAS e SNART	51
3.3.1. Exigências nutricionais da cultura	51
3.3.2. - Avaliação das características físico-químicas das soluções nutritivas utilizadas.....	53
3.3.3. - Avaliação das características físico-químicas das soluções nutritivas à saída do sistema.....	54
3.3.3. Avaliação da eficiência da Hidroponia na afinação das soluções nutritivas.....	55
IV - Considerações Finais	58
V. – Bibliografia	60
VI – Anexos.....	66
Anexo 1 – Contagens e pesagens	67
Anexo 2 – Análise físico-química amostras de solução	73
Anexo 3 – Decreto-lei 236 de 98.....	74

Índice de Figuras

Figura 1 - Área e produção nacional das principais hortícolas.....	3
Figura 2 - Sistema de hidroponia NFT	26
Figura 3 - Localização do Centro Hortofrutícola da ESAB	29
Figura 4 - Estufa do Centro Hortofrutícola da ESAB	30
Figura 5 - Sistema de hidroponia NFT	31
Figura 6 - Temporizador.....	32
Figura 7 - Vasos com substrato	34
Figura 8 - Delineamento após a transplantação e instalação dos vasos	34
Figura 9 - Alfaces com as folhas totalmente desenvolvidas.....	35
Figura 10 - Alfaces com SNART, 5 dias antes da colheita.....	37
Figura 11 – Pesagem em fresco	38
Figura 12 – Secagem em estufa	38
Figura 13 - Pesagem em seco	38
Figura 14 - Clorofilômetro portátil.....	39
Figura 15 – Concentração média de azoto amoniacal ao longo dos ciclos para as duas soluções	52

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Produção da cultura da alface nos últimos anos.....	2
Tabela 2 - Informação nutricional da alface	5
Tabela 3 - Características agronômicas e botânicas da semente da alface	7
Tabela 4 - Tolerância à salinidade	10
Tabela 5 - Quantidade de nutrientes necessários para fazer 1000l de solução “stock”	12
Tabela 6 - Principais pragas da cultura da alface	13
Tabela 7 - Principais doenças da cultura da alface.....	13
Tabela 8 - Informação sobre a fisiologia pós-colheita da alface.....	15
Tabela 9 - Condições de armazenamento	16
Tabela 10 – Características físico-químicas da SNAS	33
Tabela 11 - Características físico-químicas da SNART	37
Tabela 12 - Análise de variância no nº folhas em SNAS.....	42
Tabela 13 - Análise de variância diâmetro SNAS	43
Tabela 14 - Análise de variância peso fresco da parte aérea em SNAS.....	44
Tabela 15 - Análise de variância peso seco em SNAS	45
Tabela 16 - Teores médios potássio, fósforo, enxofre e boro	45
Tabela 17 - Análise de variância do índice de clorofila	46
Tabela 18 - Análise de variância nº folhas em SNART	47
Tabela 19 - Análise de variância diâmetro em SNART	48
Tabela 20 - Análise de variância do peso fresco em SNART	49
Tabela 21 - Análise de variância peso seco em SNART.....	50
Tabela 22 - Características físico-químicas das soluções à entrada do sistema	53
Tabela 23 - Características físico-químicas das soluções à saída do sistema	54
Tabela 24 – Percentagem de remoção de cada parâmetro	56

Resumo

Neste trabalho pretendeu-se avaliar os efeitos da utilização de três diferentes substratos na cultura semi-hidropónica da alface (*Lactuca sativa* L.) com recurso a duas soluções nutritivas distintas. Foi feito um primeiro ensaio com uma solução nutritiva rica em macronutrientes e micronutrientes adequada à cultura da alface, e um segundo ensaio com uma solução nutritiva com água residual pré-tratada proveniente de efluentes de uma queijaria. Os ensaios foram realizados numa estufa do Centro Hortofrutícola da Escola Superior Agrária de Beja, de novembro de 2013 a abril de 2014. O delineamento experimental foi efetuado em blocos completamente casualizados com três repetições e três tratamentos: perlite, fibra de côco e argila expandida. Durante e após os ensaios foram observados os seguintes parâmetros: número de folhas, diâmetro do repolho, peso fresco e peso seco da parte aérea, índice de clorofila e análise química da matéria seca. Relativamente ao primeiro ensaio, o resultado mais alto relativamente ao número de folhas (20 folhas), peso fresco (142,0 g) e peso seco (7,2 g) da parte aérea foi obtido nas plantas que se desenvolveram na perlite. No segundo ensaio, o resultado mais alto para o número de folhas (28 folhas), diâmetro do repolho (26,7 cm), peso fresco (118,8 g) e peso seco (9,5 g) da parte aérea foram alcançados pelas plantas que se desenvolveram na fibra de côco. Em amostras recolhidas das soluções nutritivas foram analisados vários parâmetros: pH, condutividade, potencial Redox, nitratos, nitritos, azoto amoniacal, cloretos, dureza, cálcio, fosfatos, sódio, potássio, CQO e magnésio. Estes parâmetros foram analisados tendo em conta a existência de algum nutriente limitante, que se veio a comprovar ser o azoto amoniacal. Pôde ainda comprovar-se que as plantas para além de obterem os nutrientes necessários no sistema semi-hidropónico, funcionaram também como um sistema de afinação para que a solução nutritiva com água residual pré-tratada pudesse ser descarregada no meio hídrico no final de cada ciclo.

Palavras-chave: substratos, semi-hidropónico, solução nutritiva, residual, ensaios.

Abstract

In this work our goal was to evaluate the effects of three different substrates using the semi-hydroponic cultivation of lettuce (*Lactuca sativa* L.), using two separate nutrient solutions. A first test was done with a rich nutrient solution macronutrients and micronutrients, and a second test with a nutrient solution with the pretreated wastewater effluent from a cheese factory. The hydroponics tests were performed in a greenhouse of Horticultural Center College of Agriculture of Beja, November 2013 to April 2014. The design was completely randomized with three replications and three treatments: perlite, coconut fiber and expanded clay. During and after the tests were recorded the, number of leaves, cabbage diameter, fresh weight and dry weight of shoot, chlorophyll content and chemical analysis of dry matter. For the first test, the highest result leaves number (20 leaves), fresh weight (142,0 g) and dry weight (7,2 g) of shoots was obtained in plants that developed in perlite. In the second trial, the highest result for the number of leaves (28 leaves), cabbage diameter (26,7 cm), fresh weight (118,8 g) and dry weight (9,5 g) of shoots were achieved by plants that were developed in poop fiber. The samples collected from the nutrient solutions were analyzed in several parameters like: pH, conductivity, redox potential, nitrate, nitrite, ammoniacal chlorides, hardness, calcium, sodium, potassium, magnesium and COD. These parameters were analyzed considering the existence of a limiting nutrient, which came to be prove the ammonia nitrogen. Also we could confirm that the plants in addition to obtaining the necessary nutrients, also play an important role to the system, once it worked as a tuning variable In the nutrient solution with pre-treated wastewater so that it could be discharged into the aquatic environment at the end of each cycle.

Keywords: substrates, semi-hydroponics, lettuce, nutrient solution, wastewater, tests.

Introdução

O solo é um recurso finito, limitado e não renovável, os processos de degradação do solo constituem um grave problema a nível mundial, com consequências ambientais, sociais e económicas significativas.

Dada a constante preocupação para satisfazer as necessidades alimentares da população e consequente evolução do sector agrícola, surgiram novos sistemas de produção de alimentos que visam ser mais eficazes, e menos dispendiosos para os agricultores. Assim surgiu o sistema de Hidroponia, que tem por finalidade o cultivo de plantas em meio aquático com ou sem a utilização de substratos inertes e com o fornecimento dos nutrientes necessários para o seu desenvolvimento.

A alface (*Lactuca sativa* L.), que será objeto deste estudo, é uma das folhosas mais consumidas pelos humanos, sendo um componente básico de saladas preparadas nos domicílios domésticos (Moretti & Mattos, 2005). Originária do Mediterrâneo foi uma das primeiras hortaliças cultivadas pelo homem. Atualmente é explorada em todo território nacional, tanto em solo como em sistemas hidropónicos, sendo a principal cultura utilizada em hidroponia (Soares 2002, citado por Santos et al, 2008).

A produção hidropónica desta hortaliça tem ganho cada vez mais importância, isto deve-se à menor utilização de área, precocidade na colheita, utilização mais eficiente de nutrientes, melhor qualidade do produto, possibilitando ainda o controle de fatores ambientais, que tornam limitantes seu cultivo em determinadas épocas do ano.

Com este estudo pretende-se comprovar a eficiência de um sistema de hidroponia NFT na cultura da alface, com diferentes tipos de solução. Numa primeira etapa utilizou-se uma solução nutritiva, seguidamente utilizou-se água residual proveniente de efluentes de uma queijaria. Este subproduto pode constituir uma fonte de nutrientes que podem ser reciclados. Neste contexto, a opção de reutilização em culturas com tolerância média a elevada à salinidade pode constituir uma alternativa viável e promissora.

I – Revisão de Literatura

1.1. – A importância da cultura da alface no Mundo e em Portugal

1.1.1. - Estatísticas sobre a produção:

Devido às exigências climáticas da cultura, a produção em larga escala da alface ocorre apenas nas zonas temperadas do Hemisfério Norte. Os principais produtores mundiais são a China, Estados Unidos (principalmente na Califórnia) e a União Europeia. Na União Europeia cerca de 80% da produção está concentrada em 4 países: Espanha, Itália, França e Alemanha. Existe alguma especialização regional nos tipos de cultivares produzidos. Nos EUA cultiva-se principalmente alface do tipo iceberg. Em Espanha a produção é diversificada com predomínio para os tipos iceberg, enquanto que em França predominam os tipos batávia europeia e bola de manteiga. A alface romana produz-se predominantemente em Itália (Almeida, 2006).

As trocas comerciais internacionais da alface são reduzidas e o comércio internacional tende a ser intercontinental devido à fragilidade e perecibilidade desta hortaliça. As alfaces batávias frisadas e iceberg são mais resistentes ao transporte (Almeida, 2006).

Em Portugal, a alface é cultivada tanto em estufa como ao ar livre, um pouco por todo o país. As maiores áreas cultivadas concentram-se perto dos grandes centros populacionais no litoral, nomeadamente, Oeste, Entre-Douro-e-Minho e Beira Litoral. Na tabela 1 estão registadas as produções dos últimos anos por superfície.

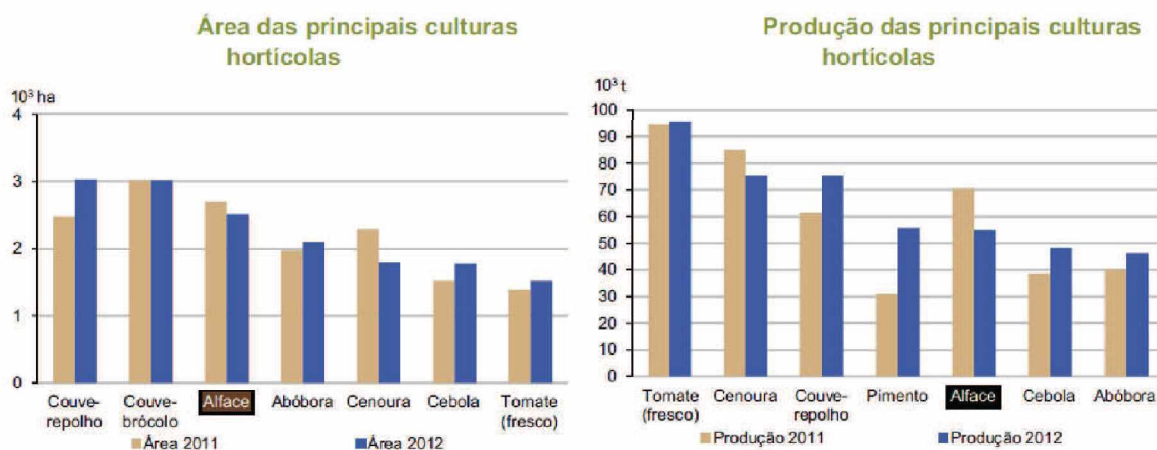
Tabela 1-Produção da cultura da alface nos últimos anos

	2001	2002	2003	Média	2012
Superfície (há)	2468	2536	2541	2515	2509
Produção	53887	57162	57287	56112	54974
Produtividade (t/ha)	21,8	22,5	22,5	22,3	21,9

Fonte INE (2004, 2012)

Atualmente, como se pode constatar, a produção nacional ronda as 55 mil toneladas numa área de 2500 ha.

Comparativamente a outras culturas hortícolas, a alface é uma das que ocupa maior área a nível nacional, como podemos comprovar (figura 1).



Fonte: INE 2012

Figura 1-Área e produção nacional das principais hortícolas

Embora em termos de superfície seja uma das que ocupa maior área, não é das culturas mais produtivas.

1.1.2 – Aspetos culturais da alface

i) Enquadramento taxonómico

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das cerca de cem espécies do género *Lactuca*. Este género é relativamente próximo do género *Cichorium*, ao qual pertencem a escarola e as diversas formas hortícolas de chicória.

A alface pertence a família *Asteraceae*, é uma planta herbácea, muito delicada, com caule curto, não ramificado, ao qual se prendem as folhas. Estas são muito grandes, lisas ou crespas, fechando-se ou não na forma de um repolho.

A sua coloração varia do verde-amarelado até o verde-escuro, sendo que algumas cultivares podem apresentar as margens arroxeadas. As raízes são do tipo pivotante (Filgueira, 2003).

ii) Origem

A espécie *Lactuca sativa* é possivelmente descendente da espécie silvestre *Lactuca serriola* e tem como centros de origem o Próximo Oriente e o Mediterrâneo. A alface é uma cultura de domesticação antiga, sendo cultivada na região mediterrânica, pelo menos, desde 2500 a.C. No Egito Antigo era cultivada para aproveitamento de óleo extraído das sementes. Na Grécia Antiga e no Império Romano já era cultivada pelas folhas comestíveis. A cultura terá chegado à China no século VII, a França no início do século XIV e foi introduzida na América pelos espanhóis, provavelmente na segunda viagem de Colombo, em 1494. As alfaces domesticadas no Mediterrâneo eram tipo romano, tendo as alfaces repolhadas surgido apenas no século XVI (Almeida, 2006).

A domesticação das alfaces silvestres implicou diversas modificações morfológicas e fisiológicas, incluindo o aumento do tamanho dos aquênios, perda de pilosidade, aumento do número e da área das folhas, formação de repolho e redução da acumulação de latex (Almeida, 2006).

iii) Utilizações e composição

Hoje, a alface é, sem dúvida, a hortaliça mais consumida em todo mundo.

A alface é cultivada pelas folhas, normalmente consumidas cruas em saladas (Almeida, 2006) embora possa ser também, por vezes cozinhada, quer em sopas quer em esparregado.

O valor nutritivo da alface varia em função da cor das folhas: as folhas esbranquiçadas do interior do repolho são menos nutritivas do que as

exteriores. As alfaces de folhas e romanas tendem a ser mais ricas em fibra, vitaminas e minerais do que as alfaces de repolho. Na tabela 2 está descrita o teor nutricional da alface (Almeida, 2006).

Tabela 2-Informação nutricional da Alface

Água (%)	94-96	Vitamina A (UI)	502-7405	Potássio (mg)	141-247
Energia (kcal)	13-18	Tiamina (mg)	0,04-0,07	Cálcio (mg)	18-36
Proteína (%)	0,8-1,6	Riboflavina (mg)	0,03-0,07	Fósforo (mg)	20-33
Gordura (%)	0,15-0,30	Niacina (mg)	0,12-0,38	Magnésio (mg)	7-13
Hidratos de Carbono (%)	2,1-3,5	Ácido ascórbico (mg)	3,0-24,0	Sódio (mg)	5-9
Fibra (%)	1,1-2,1	Vitamina B6 (mg)	0,04-0,09	Ferro (mg)	0,4-1,2

Fonte: (Almeida, 2006)

A alface é uma excelente fonte de vitamina A, possuindo também as vitaminas B1, B2, C e os minerais cálcio e ferro.

1.1.3. - Material Vegetal

i) Morfologia

A alface é uma planta herbácea anual. Esta planta pertence à família das *Asteraceae*. A alface é uma espécie anual de ciclo cultural relativamente curto. A duração do ciclo cultural depende da cultivar, da região e da época de produção. O ciclo cultural em estufa dura cerca de 6 a 8 semanas na época de Primavera-Verão e 10 a 12 semanas durante o Inverno (Almeida, 2006).

O ciclo vegetativo pode dividir-se nas seguintes fases:

- ✓ Germinação e emergência.
- ✓ Formação da roseta de folhas.
- ✓ Formação de repolho.
- ✓ Espigamento e floração.
- ✓ Maturação dos aquénios.

As fases reprodutivas do ciclo vegetativo (espigamento, floração e maturação dos aquénios) não fazem parte do ciclo cultural da alface destinada ao consumo (Almeida, 2006).

ii) Cultivares

Entre as cultivares de alface existe uma grande diversidade de formas, tamanhos e cores. A cor das suas folhas varia do amarelado ao verde-escuro, porém algumas cultivares apresentam cores arroxeadas devido ao pigmento antocianina. A textura das folhas pode ser macia ou amanteigada ou rija e estaladiça (Gardê & Gardé, 1988).

Atualmente, as diferentes culturas de alfaces podem ser dos tipos: Bola de Manteiga, Batávias, Romanas, Grasses ou Latinas, de folhas ou de cortar e as de caule ou alfaces espargo. Em Portugal, as cultivares mais difundidas pertencem ao grupo Bola de Manteiga, sendo que o cultivo de Batávias (de origem europeia) tem vindo a aumentar, gradualmente, mesmo em regiões como o Entre-Douro e Minho, onde há cerca de uma década praticamente não existiam (Disqual, 2014). A diversidade nas características morfológicas e fisiológicas entre os vários tipos de alface determina diferenças significativas na conservação pós colheita e nos aspetos de manuseamento da planta (Henz & Suinaga, 2009).

iii) Sementes e germinação

O propágulo da alface é um fruto seco, indeiscente, monospérmico, classificado como aquénio. É designado agronomicamente por semente e possui as características indicadas na tabela 3. Após a maturação e a colheita, as sementes de alface passam por um breve período de dormência primária que dura cerca de 2 meses (Almeida, 2006).

Tabela 3 - Características agronômicas e botânicas da semente da alface

Número de sementes por grama	800-1000
Peso de 1000 sementes (g)	0,8-1,0
Pureza física mínima (% em massa)	95
Faculdade germinativa (%)	
Mínima	75
Cultivares comerciais	93-95
Duração da faculdade germinativa (anos)	3-5
Localização das reservas	Endosperma/cotilédones
Tipo de germinação	Epígea

Fonte: (Almeida, 2006)

A germinação da alface pode ocorrer em 2 a 3 dias, a temperatura do substrato de 20 a 25 °C, levando cerca de 4 a 6 dias a 15°C. A 5 °C, a faculdade germinativa não é afetada, mas as sementes levam mais de 2 semanas para germinar. Para uma boa germinação e emergência, o solo ou substrato devem estar bem humedecidos, ligeiramente abaixo da capacidade de campo. Em média, a emergência ocorre quando se acumulam 71 °C acima da temperatura base de 3,5 °C (Almeida, 2006).

Sob o pericarpo do aquênio existem 2 a 3 camadas de células que constituem o endosperma da semente. A degradação das paredes celulares do endosperma pela endo- β -mananase é indispensável para permitir a emergência da radícula pelo micrópilo. O endosperma é degradado durante o processo de germinação e as suas reservas lipídicas são utilizadas para o crescimento do embrião (Almeida, 2006).

A germinação da alface pode ser impedida por dois tipos de dormência secundária: termodormência e escotodormência. A termodormência é particularmente importante nesta cultura. Quando expostas a temperaturas superiores a 30 °C, as sementes não germinam. Se as temperaturas elevadas ocorrerem durante a fase de divisão celular, a germinação atrasar-se-á, mas decorrerá normalmente se a temperatura elevada for imposta apenas durante a fase de alongamento do embrião. Se os estádios iniciais da germinação (imbibição e divisão celular) decorrerem sob condições térmicas moderadas (15 a 22 °C), a emergência ocorrerá normalmente, mesmo se posteriormente se verificarem temperaturas elevadas (Almeida, 2006). A temperatura indicativa para a termodormência é de 30 °C. No entanto, existem diferenças entre as

cultivares, com dormência a ser imposta por temperaturas que variam entre 26 a 35 °C.

Algumas cultivares são suscetíveis de escotodormência, incapacidade de germinar na ausência de luz. Na realidade, do ponto de vista fisiológico, a germinação de todas as cultivares de alface reage à presença de luz, embora do ponto de vista prático se considere que apenas algumas cultivares exigem luz. Uma cultivar pode não necessitar de luz para germinar a 15 ou 20 °C, mas a germinação pode ser promovida pela luz a temperaturas mais elevadas ou sob condições de stresse osmótico. A maior parte das cultivares atualmente produzidas não requer luz para germinar a temperaturas de 20 a 25 °C.

A germinação é estimulada por luz vermelha (maximo a $\lambda = 650\text{nm}$) e inibida pela luz de comprimento de onda vermelho-longínquo ($\lambda = 730\text{ nm}$). Os estudos clássicos sobre a necessidade de luz para germinação da alface 'Grand Rapids' levaram à descoberta do fitocromo.

As sementes de alface são frequentemente peletizadas para facilitar a sementeira de precisão. O condicionamento osmótico permite ultrapassar a termodormência e a escotodormência e acelerar a germinação, favorecendo uma emergência mais homogênea. Um tratamento com ácido giberélico (GA3) produz os mesmos efeitos que o condicionamento osmótico (Almeida, 2006).

1.1.4. - Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo

Durante a fase do desenvolvimento que se segue à emergência ou à superação da crise de transplantação, a planta produz folhas que se inserem em espiral no caule curto, formando uma roseta.

Nas cultivares que formam repolho, esta fase tem início quando a planta começa a produzir folhas mais largas do que as da roseta e curvadas para o interior. Estas folhas sobrepõem-se e enclausuram as folhas mais jovens, formando um repolho. A formação de repolho é influenciada pela temperatura e

pela luminosidade. O arrepolhamento é dificultado quando ocorrem temperaturas elevadas (20 °C) durante um período de fraca intensidade luminosa, mas o repolho forma-se se temperaturas desta ordem ocorrerem em períodos de elevada intensidade luminosa. Em condições de baixa luminosidade, a formação do repolho é favorecida por temperaturas baixas. Existem grandes diferenças varietais na reação à temperatura e à luminosidade, em que se baseia a adaptação das cultivares à região e à época de produção. Em condições de elevada temperatura e luminosidade, as plantas podem começar a formar repolhos prematuros, que permanecem pequenos e sem qualidade (Almeida, 2006).

No início da fase reprodutiva, o caule alonga-se produzindo uma haste floral ramificada. Nas alfaces repolhudas o caule tem de crescer através do repolho. A entrada na fase reprodutiva é favorecida por temperaturas elevadas associadas a fotoperíodo longo (embora o efeito da temperatura seja mais determinante). Nestas condições, pode ocorrer floração prematura em cultivares não adaptadas. Uma cultura de alface floresce durante um período de 50 a 70 dias, embora a floração ocorra por picos (normalmente 3) durante este período. Os aquênios maturam 12 a 17 dias após a floração (Almeida, 2006).

1.1.5. - Exigências climáticas

A sua adaptação a um determinado clima depende principalmente da cultivar. Em geral, as cultivares desenvolvem-se bem em climas temperados e húmidos, principalmente no período de crescimento vegetativo. A ocorrência de temperaturas mais altas acelera o ciclo cultural, resultando em plantas menores devido ao espigamento precoce (Henz & Suinaga, 2009). No entanto, algumas cultivares suportam bem o calor, sem tendência a espigar, outras são capazes de suportar o inverno, desde que não seja demasiado rigoroso, mas em termos gerais o seu crescimento ótimo ocorre a temperaturas de 15-20 °C (Gardê & Gardé, 1988; Maroto, 1990), podendo a temperatura máxima tolerável chegar aos 30°C e a mínima aos 6°C. A humidade relativa mais apropriada está entre

os 60 e 80 %, contudo, em determinadas fases do ciclo pode desenvolver-se melhor com humidade relativa abaixo dos 60 % (Cermeño, 1977).

A luz também desempenha um importante papel nas cultivares de alface que formam repolho. Um bom repolhamento depende principalmente do equilíbrio entre a luz recebida e a temperatura: quando a temperatura é superior a 20°C são necessários dias longos e com forte luminosidade; quando os dias são curtos e a luminosidade é fraca as temperaturas deverão ser baixas. As alfaces não repolham quando se conjugam temperaturas altas e fraca luminosidade (DISQUAL, 2014).

1.1.6. - Preferências edáficas

A alface pode ser cultivada com sucesso em diversos tipos de solo, embora prefira solos frescos e bem drenados. Vegeta melhor em solos de textura franca ou argilosa, ricos em matéria orgânica. Solos arenosos devem ser reservados para a cultura de Inverno. Os solos arenosos favorecem a ocorrência de necrose marginal (Almeida, 2006).

A sua sensibilidade à salinidade é considerada moderada embora existam diferenças de suscetibilidade entre as cultivares. Entre as culturas hortícolas de estufa, é das mais sensíveis no estado de plântula, mas torna-se mais tolerante ao longo do ciclo cultural. É sensível à acidez; o pH ótimo situa-se entre 6,5 e 7,2, como se verifica na tabela 4 (Almeida, 2006).

Tabela 4 - Tolerância à salinidade

Tolerância à salinidade	Moderada
Máxima salinidade do solo sem quebra de produção (nível crítico)	1,3 dS.m ⁻¹
Decréscimo na produtividade por cada dS/m acima do nível crítico	13%
Intervalo ótimo de pH	6,5-7,2
Tolerância à acidez	Reduzida

Fonte: (Almeida, 2006)

1.1.7. - Tecnologia de produção

São diversos os sistemas de produção da alface. Neste ponto, serão feitas referências gerais à cultura em hidroponia. No próximo capítulo será feita uma caracterização mais pormenorizada deste sistema de produção.

i) Tecnologia da cultura sem solo

A alface pode ser cultivada em diversos sistemas de cultura sem solo. O sistema hidropónico chamado NFT (técnica de nutrientes em filme) tem alcançado destaque na produção desta hortícola, sendo o sistema de eleição dentro dos vários sistemas disponíveis, pela sua eficácia na produção e pelo facto de ser um dos mais práticos em termos de utilização (Cometti, 2003).

Referem-se aqui alguns aspetos da produção de alface num sistema de cultura em filme nutritivo (NFT).

Os transplantes podem ser produzidos por sementeira de sementes peletizadas em cubos de lã-de-rocha. A condutividade elétrica (CE) da solução a empregar no viveiro deve ser $< 0,5 \text{ dS.m}^{-1}$ antes da emergência e de $1,5 \text{ dS.m}^{-1}$ após a emergência.

ii) Fertilização

Indica-se na tabela 5 a quantidade de fertilizante necessária para fazer 1000 litros de uma solução stock com uma concentração de 100 x, que uma vez injetada à razão de 1:100 origina 100000 litros de solução à concentração normal (Almeida, 2006).

Tabela 5 - Quantidade de nutrientes necessários para fazer 1000l de solução “stock”

Fertilizante	Quantidade (por 1000 litros)
Tanque A	
Nitrato de Potássio	48 kg
Nitrato de cálcio	51 kg
Quelato de ferro 7%	1,2 kg
Tanque B	
Nitrato de Potássio	48 kg
Nitrato de amônio	2 kg
Fosfato de monópotássico	30 kg
Sulfato de magnésio	12 kg
Micronutrientes	
Sulfato de manganês	8 g
Sulfato de zinco	19 g
Boro	375 g
Quelato de cobre	8 g
Molibdato de sódio	19 g

Fonte: Almeida, 2006

Todos os nutrientes essenciais devem ser fornecidos em níveis compatíveis às exigências de cada espécie e de acordo com a fase de desenvolvimento. Martinez (2002) afirma que para a minimização de erros experimentais na análise de sintomas induzidos pelo excesso ou deficiência de um nutriente numa solução nutritiva é recomendável a utilização de concentrações mínimas. Na gestão da solução nutritiva, fatores como a temperatura (níveis ótimos em torno de 24 a 30 °C), pH (valores adequados entre 5,5 a 6,5) e condutividade elétrica da solução nutritiva (faixa ótima entre 1,5 a 4,0 dS m⁻¹) devem ser monitorizados e controlados periodicamente (Furlani et al., 1999). O controlo do nível do pH é relevante para evitar a precipitação de micronutrientes como o ferro, o boro e o manganês ou o fósforo (Martinez, 2002).

1.1.8. - Inimigos da Cultura

A alface é atacada por larvas de diversos Lepidópteros. Os ácaros são normalmente pragas pouco importantes na cultura da alface. Os afídios, as moscas brancas, os tripes e nemátodes são vetores de vírus. O afídio *Pemphigus bursarius* ataca as raízes da alface, enquanto as outras espécies atacam a parte aérea. Na tabela 6, listam-se as principais pragas da cultura (Almeida, 2006).

Tabela 6 - Principais pragas da cultura da alface

Nome comum	Espécies
Afídeos	<i>Myzus persicae</i> , <i>Nasonovia ribisnigri</i> , <i>Aphis fabae</i> , <i>Pemphigus bursarius</i> , <i>Trama Troglodytes</i>
Alfinete	<i>Agriotes</i> spp.
Lagartas das folhas	<i>Autographa gamma</i> , <i>Chrysodeixis chalcites</i> , <i>Thysanoplusia orichalcea</i> , <i>Spodoptera littoralis</i> , <i>Helicoverpa armigera</i>
Larvas mineiras	<i>Liriomyza</i> spp., <i>Chomatomya horticola</i>
Mosca branca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>
Pulgão das raízes	<i>Pemphigus bursarius</i>
Roscas	<i>Agrotis</i> spp.
Tripes	<i>Frankliniella occidentalis</i> , <i>Thrips tabaci</i>
Nemátodes	<i>Meloidogyne</i> spp., <i>Pratylenchus penetrans</i>

Fonte: (Almeida, 2006)

As principais doenças provocadas por fungos são podridão branca, a rizoctônia e o míldio (tabela 7). Para além da murchidão das plântulas, o *Pythium* spp. T, também provoca podridões radiculares e infeções nas folhas de plantas adultas, (Almeida, 2006).

Tabela 7 - Principais doenças da cultura da alface

Doença	Agente
Alternariose	<i>Alterbaria porri</i>
Podridão cinzenta	<i>Botrytis cinerea</i>
Míldio	<i>Bremia lactucae</i>
Oídio	<i>Erysiphe cichoracearum</i>
Fusariose	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Lactucum</i>
Antracnose	<i>Microdochium panattonianum</i> (sin. <i>Marssonina panattoniana</i>)
Murchidão das plântulas	<i>Pythium</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i>
Rizoctônia	<i>Rhizoctonia solani</i>
Podridão branca	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>S. minor</i>
Septoriose	<i>Septoria lactucae</i>
Estenfiliose	<i>Stemphylium botryosum</i> f.sp. <i>Lactucum</i>
Verticiliose	<i>Verticillium dahliae</i>

Fonte: (Almeida, 2006)

Durante a produção de transplantes no viveiro é necessário ter em especial atenção à prevenção dos ataques de míldio, *Botrytis*, afídios, mosca branca, trips e mineiras. Deve-se utilizar substrato desinfetado e ter em atenção a sanidade das estruturas.

1.1.9. - Colheita e pós-colheita

i) Colheita

A alface pode colher-se em qualquer altura do desenvolvimento vegetativo. O momento da colheita é determinado pelas exigências e preços de mercado e pelo compromisso entre rendimento; quando se colhe muito tarde prejudica-se a qualidade, pois as folhas adquirem um sabor amargo e a planta pode espigar (Almeida, 2006).

O índice de maturação para as alfaces de repolho é o grau de compactação. Repolhos firmes têm maior longevidade pós-colheita do que repolhos pouco compactos. No entanto, repolhos excessivamente compactos são suscetíveis de desenvolverem acidentes fisiológicos durante a conservação (Almeida, 2006).

Na alface romana, os índices de maturação são o número de folhas e o grau de desenvolvimento do repolho. Uma alface com cerca de 35 folhas é considerada no estado de maturação comercial.

A colheita é manual, embora se tenham desenvolvido e se continuem a aperfeiçoar métodos de colheita assistida ou colheita mecânica. A colheita é efetuada de uma só passagem na parcela ou fração da parcela a colher. O operador identifica as plantas prontas a colher, corta o caule ao nível do colo e remove as folhas senescentes, sujas ou danificadas. Há vantagens em efetuar a triagem e embalar as plantas diretamente no campo. Admitindo calibres de 300 a 600 g por unidade, a produtividade da cultura varia entre 3,3 a 6,6 Kg/m² (Almeida, 2006).

De acordo com Cermeño (1998), a colheita da alface cultivada em estufa deve fazer-se em dezembro e janeiro. As raízes devem ser separadas com um corte raso ao nível da inserção das últimas folhas. O produto manter-se-á mais tempo com bom aspeto se a colheita tiver lugar ao fim da tarde.

ii) Pós-colheita

Os principais atributos de qualidade da alface são a cor e a turgidez das folhas. De acordo com a norma em vigor na União Europeia, as alfaces de repolho têm de ter um calibre mínimo de 150 g para alfaces de ar livre ou 100 g para produções de estufa. Na alface tipo iceberg, os calibres mínimos são de 200 e 300 g por planta para produção em estufa e ar livre, respetivamente (Almeida, 2006).

Em relação ao comportamento pós-colheita, a alface é um produto perecível, com taxas de respiração moderadas a elevadas e sensível ao etileno e à perda de água. Na tabela 8 está apresentada a Informação sobre a fisiologia pós-colheita da alface.

Tabela 8 - Informação sobre a fisiologia pós-colheita da alface

Parâmetros	Alfaces de repolho	Alface romana
Suscetível a danos causados pelo frio	Não	Não
Temperatura de congelamento (°C)	-0,2	-0,2
Taxa de respiração (mg CO ₂ .Kg ⁻¹ .h ⁻¹)		
0°C	6-17	19-27
5°C	13-20	24-35
10°C	21-40	32-46
15°C	32-45	51-74
20°C	51-60	82-120
25°C	73-91	120-173
Classe de intensidade respiratória	Moderada	Elevada
Perecibilidade relativa	Elevada	Elevada
Taxa de produção de etileno a 20°C (µL.Kg ⁻¹ .h ⁻¹)	<0,1 (muito baixa)	<0,2 (muito baixa)
Sensibilidade ao etileno	Elevada	Elevada

Fonte: (Almeida, 2006).

Deve evitar-se a exposição ao etileno durante toda a vida pós-colheita. O etileno acelera a senescência e provoca manchas acastanhadas, prejudicando gravemente a qualidade, podem também surgir em resposta a concentrações de CO₂ superiores a 2%. Sob condições de baixa concentração de O₂, especialmente se a temperatura de armazenamento for elevada, desenvolve-se uma coloração rosada nas nervuras (Almeida, 2006).

Após colhidas, as alfaces devem ser arrefecidas o mais rapidamente possível para uma temperatura de 1 a 2 °C. O sistema de arrefecimento mais eficaz para a alface é o arrefecimento por vácuo. Os métodos de arrefecimento que recorrem ao ar forçado humidificado ou à água também podem ser utilizados. Se a produção for de qualidade e for armazenada as 0 °C, com humidade relativa de 98%, as alfaces podem ser mantidas durante 2 a 4 semanas. O pré-arrefecimento é fundamental para a manutenção da qualidade durante a vida pós-colheita da alface. Retira-se como exemplo que alfaces arrefecidas a 2 °C imediatamente após a colheita duram cerca de 8 dias; no entanto, se mantidas a 20 °C durante 6, 12 ou 18 horas, antes de serem arrefecidas a 2 °C, não se conservam mais do que 6, 4 ou 2 dias, respetivamente (Almeida, 2006).

iii) Condições de armazenamento

Na prática, como referido na tabela 9, convém praticar uma temperatura de armazenamento de 1°C, porque as alfaces são muito suscetíveis a danos causados pelo gelo. Os riscos de danos pelo gelo são elevados se a temperatura de armazenamento descer abaixo de -0,1°C. A 3°C, a duração prática do armazenamento é reduzida para metade. As alfaces do tipo romana e de corte tendem a ter uma vida pós-colheita mais reduzida do que as alfaces de repolho (Almeida, 2006).

Tabela 9 - Condições de armazenamento

	Alface de repolho	Alface romana
Condições de armazenamento		
Temperatura (°C)	0-1	0-1
Humidade relativa (%)	98-100	98-100
Duração prática do armazenamento	2-3 Semanas	2-3 Semanas
Atmosfera controlada ou modificada		
Potencial para utilização	Elevado	Moderado
O ₂ (%)	1-5	1-3
CO ₂ (%)	5-20	0

Fonte: (Almeida, 2006).

As alfaces de repolho beneficiam da redução da concentração de O₂ a temperaturas de armazenamento de 0 a 5°C, mas em repolhos inteiros não há

benefício no aumento da concentração de CO₂. Já na alface minimamente processada, uma atmosfera com menos de 1% de O₂ e CO₂, é benéfica para manter a qualidade, (Almeida, 2006).

iv) Preparação para o mercado

Um bom processo para a comercialização da alface consiste na introdução de cada planta num saco de plástico (polietilénio). Em seguida, os sacos são acondicionados em caixas de cartão. As alfaces de repolho são dispostas nas caixas em duas camadas “cabeça” contra “cabeça”. As alfaces romanas podem acondicionar-se na posição horizontal (Cermeño, 1998).

As alfaces destinadas à comercialização devem apresentar-se inteiras, sãs, sem as folhas sujas nem tingidas e sem evidenciarem qualquer início de formação da haste floral.

A alface mantém-se em perfeitas condições durante cerca de três semanas quando conservada numa câmara frigorífica mantida à temperatura de 3°C. (Cermeño, 1998).

1.2. - Fatores que influenciam a cultura hidropónica

1.2.1. -Preparação do terreno

Na cultura hidropónica, vulgarmente denominada de cultura sem solo, hoje em dia utilizam-se vários substratos, sendo mais correto utilizar a denominação de cultura em substrato em vez de cultura sem solo (Regato, 2005).

Os substratos utilizados são: turfa, terra vulcânica, areia e gravilha, perlite, vermiculite, fibra de côco, espumas sintéticas (plastoponia) e lã de rocha que é o mais utilizado na Holanda e Dinamarca e também em Portugal (Algarve) (Regato, 2005).

Breve caracterização de alguns substratos:

Lã de rocha - é proveniente de uma rocha vulcânica (basalto), que é fundida a uma temperatura de 1600 °C, sendo convertida em lava. Esta é derramada sobre rotores a grande velocidade e arrefecida através de uma corrente de ar, solidificando em forma de fibras. As fibras podem ser trabalhadas de diversas formas (comprimidas, aumentadas, cortadas aos cubos e em placas de diversas dimensões) (Regato, 2005).

Fibra de Côco - É feita do material que resta da casca do côco e é 100% natural. É composta de milhões de micro-esponjas que absorvem e armazenam até oito vezes o seu peso em água. É normalmente colonizado com o fungo *trichoderma*, para proteção e estimulação das raízes. A sua capacidade de retenção de água vs arejamento é muito boa, sendo muito difícil asfixiar as plantas. É ainda um substrato com uma alta troca de cátions podendo armazenar alguns nutrientes para quando a planta necessitar. Tem uma boa capacidade de retenção de água e arejamento. Apresenta também algumas desvantagens, tais como, o número de utilizações é limitado e a sua capacidade de drenagem é baixa (Altogagreen, 2015).

Argila expandida (ou leca) - É feita a partir do super aquecimento da argila, que provoca a dilatação dos grãos, formando "bolinhas" até 2 cm de diâmetro. Apresenta como vantagens, o fato de ser relativamente leve mas com alguma capacidade de retenção de água, pode ser esterilizada e reutilizada, e não é compactável. Como desvantagens ostenta, pouca capacidade de retenção (comparativamente com a fibra de côco por exemplo), e é adquirida através de extração mineira (Altogagreen, 2015).

Perlite - É feita de uma fusão de rochas vulcânicas, super aquecida em grãos de vidro expandido. É um meio de cultura muito utilizado para aumentar a capacidade de arejamento de outros substratos, sendo um material

extremamente leve e poroso. A sua leveza também pode ser uma desvantagem em certos sistemas, pois movimenta-se muito facilmente, podendo desaparecer ou causar algum tipo de entupimento. Normalmente é utilizada em mistura com fibra de coco ou vermiculite. Como vantagens podemos dizer que é muito leve, e tem uma alta capacidade de arejamento. É demasiado leve para certos sistemas, só se pode adquirir através de extração mineira, o que pode ser considerado como desvantagem (Altogagreen, 2015).

1.2.2 - Solução nutritiva

Uma solução nutritiva equilibrada é de primordial importância para o êxito das culturas hidropônicas, já que os substratos são inertes e não fornecem qualquer tipo de nutrientes (Regato, 2005).

A composição da solução nutritiva depende do tipo de cultura, da qualidade da água da rega e da fase de desenvolvimento vegetativo da planta (Regato, 2005).

A análise química da água de rega é imprescindível, uma vez que esta contém muitas vezes nutrientes que interessam para a cultura, como por exemplo, o cálcio, o magnésio e sulfatos. Estes elementos devem ser contabilizados e descontados no momento de calcular a solução nutritiva (Regato, 2005).

Por outro lado, deve-se ter em atenção a concentração da água em bicarbonatos, o que determina o seu pH e a concentração em sódio e cloro, visto que estes elementos em altas concentrações podem ser tóxicos para as culturas (Regato, 2005).

A quantidade de fertilizantes a aplicar depende da análise química da água. As águas provenientes de furos têm muitas vezes um pH muito elevado, pelo que este deve ser ajustado com ácido nítrico para o nível normal para a solução nutritiva que é de 5 a 6 (Regato, 2005).

Para se obter uma solução nutritiva equilibrada é necessário ter um cabeçal de rega que faça uma boa mistura água/adubo (Regato, 2005).

No mercado existem complexos de micronutrientes especiais para culturas hidropônicas (Regato, 2005).

1.2.3. - Uso de águas salinas

O uso de águas salinas em culturas hidropônicas tem-se revelado problemático, em virtude de não ser possível definir águas de boa e má qualidade apenas com base na condutividade elétrica (Regato, 2005).

De um modo geral, uma água com uma condutividade elétrica (CE) de 2,5 mS/cm não é prejudicial para a maioria das culturas hortícolas. A partir deste valor é necessário efetuar aumentos lineares das percentagens de drenagem para se manter os rendimentos das culturas. Para fazer face a estes excessos de água é preciso ter o substrato adequado no que respeita a arejamento e drenagem (Regato, 2005).

Um bom manejo da rega pode atenuar o problema das águas salinas no baixo rendimento que provocam nas culturas (Regato, 2005).

A correção do pH da água também se reveste de grande importância, uma vez que vai influenciar a disponibilidade de nutrientes para a planta (Regato, 2005).

1.2.4. – Gestão da água de rega

O sistema hidráulico é um sistema fechado, ou seja, a solução nutritiva é bombada de um reservatório, passa pelas raízes das plantas nos canais das bancadas e volta por gravidade ao reservatório (Faquin 1996; Furlani, 1999).

O conjunto moto-bomba é responsável pela sucção e restituição da solução nutritiva ao reservatório. Fornece a vazão e a pressão necessárias para vencer o desnível entre o reservatório e a bancada de cultivo, além de vencer também as perdas de carga na tubagem que conduz a solução nutritiva (Bliska Jr. & Honório, 1996).

A circulação da solução nutritiva é comandada por um sistema regulador de tempo, geralmente um temporizador. Esse equipamento permite que o tempo de rega e drenagem ocorra de acordo com a programação que se deseja (Furlani et al., 1999).

A frequência dos ciclos de rega depende da natureza e do estágio de desenvolvimento das plantas, e das condições meteorológicas (estufas).

As plantas mais suculentas, com abundância de folhas, requerem uma rega mais frequente, pois perdem água rapidamente através da evapotranspiração. Quanto maior for a área foliar, maior será o consumo de água. Em condições de estufa com alta intensidade luminosa, geralmente acompanhada de temperaturas elevadas, especialmente durante os meses de verão, a transpiração tem elevado incremento, resultando em maior absorção de água. A frequência e a duração dos ciclos de rega são importantes. A frequência dos ciclos tem que ser suficiente para impedir qualquer *déficit* de água nas plantas entre os ciclos, porém, esses têm que ser suficientemente espaçados para proporcionar adequada drenagem do meio, de forma que haja apropriada oxigenação das raízes das plantas (Resh, 1997).

De acordo com Moraes (1997), existe diferença entre os turnos de regas entre cada sistema e principalmente num mesmo sistema, sendo que o ambiente de cultivo constitui outro fator determinante no estabelecimento dos turnos de rega.

Normalmente a circulação da solução nutritiva pelos canais das bancadas é intermitente, controlada por um temporizador, utilizando-se períodos de 15 a 20 minutos de circulação e de 10 a 15 minutos de descanso durante o dia (6:00 às

18:00 horas), e à noite (18:00 às 6:00 horas), 15 minutos ligado e 3 a 4 horas desligado (Faquin 1996; Furlani, 1999). Entretanto, Resh (1997) recomenda intervalos de 15 minutos entre regas durante o dia. No período noturno dependendo do clima, pode-se deixar o sistema desligado ou programar para funcionar 2-3 vezes em intervalos espaçados. Da mesma forma, Bliska Jr. & Honório (1996) recomendam, de modo geral, uma frequência de 15 minutos de rega, com 15 minutos de intervalo.

Controle do pH e da CE

O controle da solução nutritiva baseia-se na determinação da CE e do pH, através de leitura num condutivímetro e num potenciômetro, respectivamente, instalados no sistema (Regato, 2005).

Para controlar os parâmetros referidos, retira-se com uma seringa uma amostra de solução duas ou três vezes por semana. Se o pH não for o adequado, a planta não absorverá todos os nutrientes que são necessários ao seu bom desenvolvimento, e terá de ser corrigido (Regato, 2005).

Da mesma forma, se a CE não for a correta para a cultura, o seu desenvolvimento vai ser afetado. Uma CE muito elevada pode beneficiar a qualidade do fruto, mas não permite produções elevadas e uma CE baixa afeta a qualidade do fruto (Regato, 2005).

1.2.6. - Vantagens e Desvantagens do Uso da Técnica de Hidroponia

É muito comum encontrarem-se listas com infindáveis vantagens da utilização tanto do cultivo hidropônico como do convencional. No entanto, ao analisar essas vantagens, é necessário ser criterioso a fim de perceber o que é realmente uma vantagem na situação local de cada produtor, bem como avaliar a aplicabilidade do que está sendo proposto mediante as condições técnicas de

que o produtor dispõe e às transformações que a tecnologia traz ao meio agrícola.

Normalmente destacam-se as seguintes vantagens (aplicáveis ao uso dos sistemas hidropônicos em geral e resguardadas as particularidades de cada um) (Teixeira, 1996) :

- Possibilidades de produção de alimentos próximo dos centros urbanos, onde as áreas disponíveis para produção são pequenas e de alto valor imobiliário;
- Melhor eficiência no uso da água e melhor controle da sua qualidade;
- Melhor eficiência na utilização dos fertilizantes;
- Redução no uso de fitofarmacêuticos devido à melhor nutrição das plantas e consequente redução de ataques de pragas e doenças;
- Maior produtividade e consequente redução dos custos de produção;
- Possibilidade de aproveitamento de áreas inaptas ao cultivo convencional tais como zonas áridas e solos degradados;
- Culturas livres de parasitas e microrganismos patogênicos para o ser humano provenientes de água de rega contaminada;
- Proteção da cultura às condições climáticas adversas, tais como geadas, chuvas de granizo, ventos, encharcamentos, permitindo o cultivo durante todo o ano (Faquin, 1996);
- Redução do uso de mão-de-obra nas atividades manuais tais como a eliminação de preparação do solo, trabalhos culturais, além das atividades na hidroponia necessitarem de menos esforço físico (Castellane & Araújo, 1994);
- Possibilidade de automatização quase completa;
- Redução de erosão e degradação do meio-ambiente por libertação de fertilizantes e fitofarmacêuticos nos solos, potenciais contaminantes dos lençóis freáticos;
- Produtos mais limpos e de melhor qualidade biológica, como por exemplo, folhosas com níveis de nitrato controlados nos tecidos;
- Independência dos cultivos ao uso de matéria-orgânica;

- Antecipação da colheita devido à diminuição do ciclo da planta (Faquin, 1996);
- Rápido retorno económico (Faquin, 1996);
- Permite um rápido controle em caso de deficiências nutricionais visíveis;
- Dispensa rotação de culturas.

Em contrapartida, podemos enunciar algumas desvantagens dos sistemas hidropónicos em relação aos cultivos convencionais:

- Alto custo de instalação dos sistemas (Santos et al., 1998; Teixeira, 1996; Faquin, 1996);
- Necessidade de mão-de-obra especializada, ou no mínimo que o produtor tenha uma formação teórico-prática adequada, não podendo prescindir de uma assistência técnica especializada (Santos et al., 1998; Teixeira, 1996);
- Requer um acompanhamento permanente do funcionamento do sistema, principalmente do fornecimento de energia elétrica e controle da solução nutritiva (Faquin, 1996);
- Requer novos produtos e técnicas adequadas ao controle de pragas e doenças visto que a utilização de fitofarmacêuticos convencionais elimina um dos atrativos comerciais do produto hidropónicos que é a qualidade biológica (Teixeira, 1996);
- O sistema hidropónico torna as plantas muito suscetíveis a desequilíbrios nutricionais, deficiências hídricas ou de oxigenação;
- A atividade é relativamente nova e de pouca tradição no sentido de que é comum o aparecimento de situações inusitadas para as quais não há um mecanismo de controlo efetivo e prontamente disponível.

1.2.7 - Técnica de fluxo laminar de nutrientes (NFT)

Esta técnica, desenvolvida por Allen Cooper em 1965 e originalmente denominada “Nutrient Film Technique” (NFT), consiste na passagem de uma lâmina de solução nutritiva por um canal com água contendo as plantas. Os

sistemas de produção hidropônica, na sua maioria, usam a técnica NFT. Em síntese, o sistema NFT consiste numa bancada, suspensa a uma certa altura do solo, podendo ser fabricada com diversos materiais: telha de cimento amianto ou fibrocimento, tubos de PVC, etc. As bancadas têm uma inclinação de cerca de 2% para permitir a circulação normal da solução, (Cometti, 2003).

Os canais podem conter substratos, usualmente pedra brita ou argila expandida, para a sustentação das plantas.

Atualmente, os canais de cultivo não utilizam substratos e a sustentação das plantas é feita através de uma cobertura com orifícios (isopor, lona plástica de dupla face e “tetrapack®”) que também previne contra a entrada de luz e aquecimento do sistema radicular das plantas (Teixeira, 1996). Algumas empresas têm colocado no mercado canais de cultivo em forma de tubos achatados com orifícios para a colocação das plantas. A rega num sistema com NFT é feita a partir de um reservatório contendo a solução nutritiva que é bombada através de tubos para o início dos canais (parte mais alta), descendo pelos mesmos até o final, onde é recolhida e retorna ao reservatório por um sistema de drenagem (Teixeira, 1996; Faquin, 1996). Na figura 2, podemos verificar um exemplo ilustrativo da constituição e funcionamento de um sistema NFT.

A frequência de rega é controlada por um temporizador, funcionando intermitentemente por 10 ou 15 minutos, parando também 10 a 15 minutos, permitindo, assim, uma melhor oxigenação do sistema radicular.

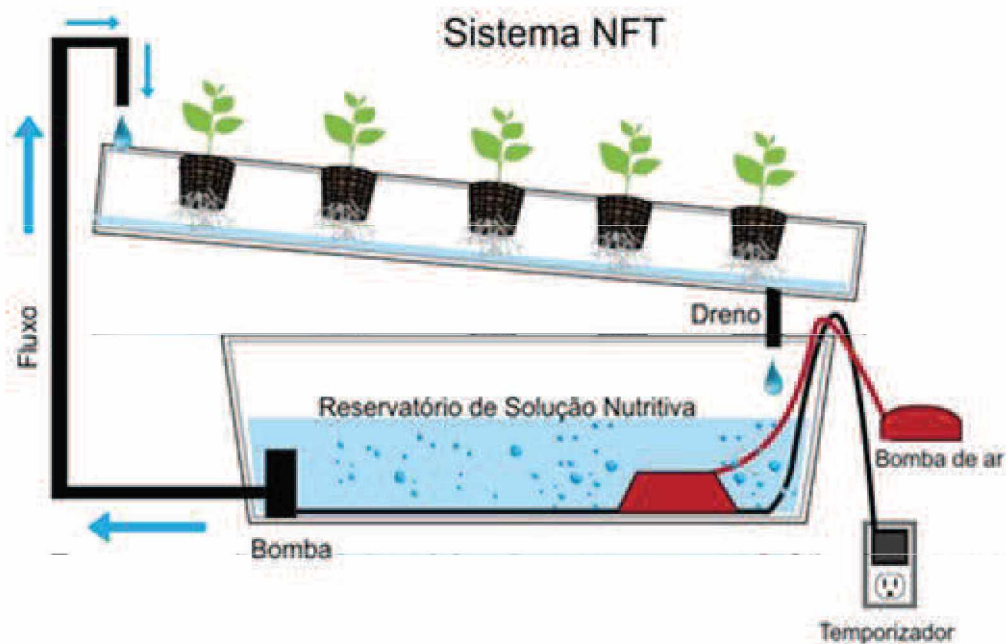


Figura 2 - Sistema de hidroponia NFT

Fonte: <http://tudohidroponia.net/nft-um-tipo-de-hidroponia/>

Atualmente o sistema hidropônico NFT é o mais utilizado a nível comercial devido a várias vantagens em relação a outros sistemas:

- Menor gasto de mão-de-obra com limpezas, principalmente quando não utiliza substrato;
- Possibilita o fornecimento adequado de nutrientes sem a necessidade de substratos;
- Maior rapidez e menor custo de implantação;
- Possibilidade de inúmeras modificações para ajustar à cultura;
- Permite um fácil acompanhamento do sistema radicular quando não se usa substrato;
- Permite a injeção de possíveis substâncias reguladoras de crescimento e fungicidas via solução nutritiva.

Apesar das grandes vantagens que o sistema apresenta, há problemas que merecem cuidados especiais:

- O controlo de doenças pode ser bastante dificultado pela rápida disseminação através da solução.
- Um sistema modificado do sistema tradicional de bancadas horizontais é a Hidroponia Vertical, onde tubos com 15 a 30 cm de diâmetro na posição vertical, preenchidos ou não com substratos, sustentam as plantas em orifícios ao longo do tubo. Nesse sistema a solução entra pela parte superior e desce por gravidade até uma bancada onde é recolhida como no sistema NFT tradicional (Teixeira, 1996). Apesar da possibilidade de se cultivar um grande número de plantas por área, os produtores que utilizaram o sistema não obtiveram sucesso ao nível comercial, devido principalmente ao sombreamento da parte inferior das plantas.

1.2.8. - Cultura da alface em sistema NFT

A alface é a planta cultivada em maior escala pelo cultivo hidropónico denominado de NFT - Nutrient Film Technique ou fluxo laminar de solução. Isso se deve à sua fácil adaptação ao sistema, no qual tem revelado alto rendimento e reduções do ciclo em relação à cultura no solo (Ohse et al., 2001).

1.3. - A Cultura da alface com efluentes tratados

O uso de águas residuais tem demonstrado ser uma fonte de nutrientes para a cultura de alfaces, interferindo principalmente na formação de massa fresca e, por consequência, na área foliar (Sandri et al., 2007). Estudos sobre o efeito da fertirrega com águas residuais tratadas da indústria de laticínios e de matadouros indicaram uma contribuição significativa para o aumento da produtividade média da alface conduzida em estufa (Rodrigues et al., 2011).

A reutilização de águas na agricultura apresenta grande potencial para atender as necessidades crescentes do uso da água; para reduzir a eliminação da

poluição dos recursos hídricos pelos efluentes e para aumentar os benefícios económicos dos produtores, devido à redução da aplicação de fertilizantes (Jiménez-Cisneros, 1995; Paranychianakis et al, 2006). O azoto, o fósforo e a matéria orgânica no efluente tratado, funcionam como fertilizantes, favorecendo o desenvolvimento das plantas (Fasciolo et al., 2002). Entretanto, esta prática apresenta também riscos que estão associados à contaminação das culturas ou das águas subterrâneas, uma vez que a composição química desses efluentes pode ser um pouco diferente da maioria das águas naturais utilizadas na rega (Pereira et al, 2002).

A rega com água residual apresenta, ainda, benefícios diretos para agricultores e meio ambiente, pois reduz os custos de energia decorrentes da reciclagem de nutrientes necessários à cultura, reduz o custo com energia e, assim, minimiza as emissões de carbono para o meio ambiente, e é também uma medida de mitigação da escassez de água (Dawson & Hilton, 2011). Resultados de um estudo feito na China, com o objetivo de avaliar o desempenho de um sistema de modelo de reutilização de água para a rega, indicaram que se poderiam economizar 35 Mil m³ de água nos rios locais a cada ano (Murray & Ray, 2010).

II – Material e Métodos

A preservação do meio ambiente tem sido uma preocupação em todo o planeta. Nos últimos anos, devido à crise e às alterações climáticas, tem havido a necessidade de se voltar a cultivar os alimentos que queremos consumir, sendo importante produzir em quantidade e qualidade por um valor reduzido.

Tendo em conta estes fatores realizaram-se dois ensaios em que é analisado o efeito de diferentes soluções nutritivas na cultura semi-hidropónica da alface, com diferentes tipos de substrato. A primeira solução utilizada trata-se de uma solução nutritiva com macronutrientes e micronutrientes adequada à cultura da alface, a partir daqui designada por SNAS, a outra solução nutritiva foi obtida de um efluente de água residual de queijaria pré-tratada, designada por SNART.

2.1. - Localização do Ensaio

Foram efetuados dois ensaios numa estufa situada no Centro Hortofrutícola da Escola Superior Agrária de Beja/Portugal (figura 3), junto à Quinta da Saúde na estrada que faz ligação entre Beja a Évora (IP2), a 1,5 km de Beja e cuja localização geográfica é 38°01'55.7"N 7°52'29.3"W.

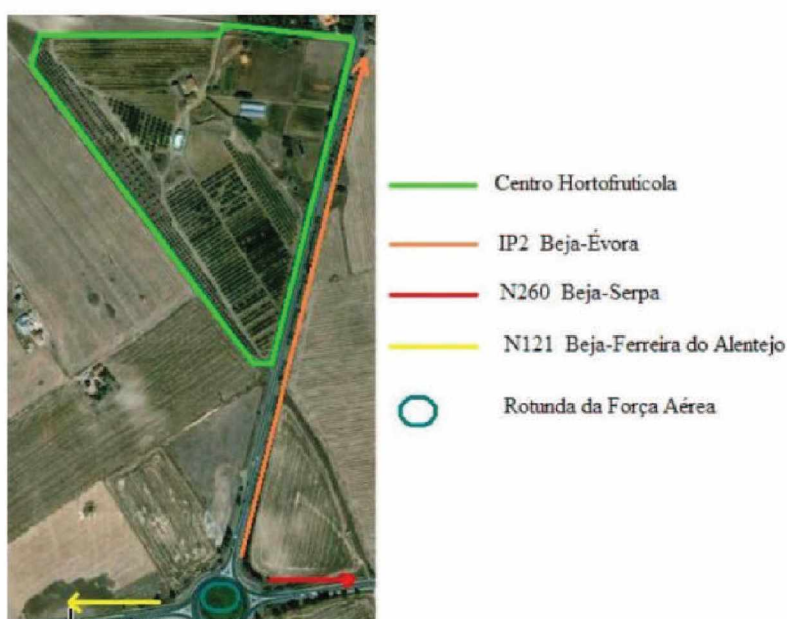


Figura 3 - Localização do Centro Hortofrutícola da ESAB

i) Caracterização da estufa onde se localizou o ensaio

A estufa utilizada (figura 4) é uma construção em ferro galvanizado, coberta por material transparente ou translúcido, sem equipamento de climatização. O arejamento é efetuado com recurso às janelas laterais. É uma estufa do tipo asa de cesto, e tem uma área total de 240 m².



Figura 4 - Estufa do Centro Hortofrutícola da ESAB

2.2. - Primeiro Ensaio – Cultivo hidropónico da cultura da alface em sistema NFT com SNAS

i) Duração do primeiro ensaio

O primeiro ensaio foi instalado no dia 14 de novembro de 2013 e terminou a 09 de Janeiro de 2014, tendo uma duração de cerca de 57 dias.

ii) Variedade utilizada

A variedade de alface utilizada para ambos os ensaios foi Batávia “Loura de Paris”. Pouco sensível a estiolamento, em períodos de pouca luz. Tem uma cor verde clara e muito brilhante. É de porte aberto mas compacto. Está apta para produção em estufa, com colheitas de Inverno e Primavera (Rijkzwaan, 2015).

iii) Sistema de cultivo utilizado

Para a realização dos ensaios foi utilizado um sistema de hidroponia criado por um aluno da Escola Superior Agrária de Beja. Trata-se de um sistema NFT (*Nutrient Film Technique*).

O sistema NFT, tal como já descrito anteriormente, emprega uma técnica do fluxo laminar de nutrientes: composto basicamente por um tanque com uma solução nutritiva, um sistema de bombagem, canais de cultivo e um sistema de retorno ao tanque. A solução nutritiva é bombada até aos canais e escorre por gravidade formando uma fina lâmina de solução que rega as raízes.

iv) Constituição do sistema NFT

Na figura 5, encontra-se o sistema NFT utilizado em ambos os ensaios.

O sistema é constituído por tubos de PVC sanitário perfurados de 20 em 20 cm, onde foram colocadas as plantas, ligados por “cotovelos” em PVC, uma bomba submersível de lago, um depósito com capacidade de cerca de 50 litros, para armazenar a solução nutritiva e para o qual retorna a solução depois de circular pelos tubos.



Figura 5 - Sistema de hidroponia NFT

Foi também instalado um temporizador ligado à corrente elétrica, (figura 6), para ligar e desligar a bomba, e desta forma interromper o fluxo da água com solução nutritiva.



Figura 6- Temporizador

v) Delineamento dos ensaios

Os ensaios foram delineados em blocos completamente casualizados de 3 repetições. Utilizou-se uma só variedade de alface, uma solução nutritiva, três tipos de substratos diferentes.

vi) Substratos

Decidiu-se utilizar substratos para conferir estabilidade às raízes da planta, proteger do calor, de doenças e de possíveis falhas de sistema. Os três substratos utilizados foram, argila expandida (leca), perlite, e fibra de côco.

vii) Caracterização da SNAS

Indica-se de seguida as quantidades de fertilizante que foram necessárias para fazer 25 litros de uma solução stock concentrada.

- ⇒ 409 g - Sulfato de Magnésio : 16% MGO / 32% SO₃;
- ⇒ 156 g - MAP - com 12% N / 61% P₂O₅
- ⇒ 764 g - Nitrato de Cálcio : 15,5% N / 19% Ca
- ⇒ 508 g - Nitrato de Potássio : 13,5% N / 45,5% K₂O
- ⇒ 86 g - Micronutrientes: sulfato manganés, ácido bórico, cobre, molibdato de amônio, sulfato de zinco, ferro 6%.

Desta solução “stock”, foram adicionados 1,25 litros no depósito de 50 litros de água do furo local. A solução foi renovada de 15 em 15 dias até ao fim do ensaio.

Segue na tabela 10, o resultado da análise físico química da solução nutritiva utilizada.

Tabela 10 – Características físico-químicas da SNAS

Parâmetros Analisados	Unidades	Concentração média	σ
pH	-	7,3	3,7
Condutividade	mS / cm	1,6	0,8
Redox	mV	113,4	59,4
Nitratos	mg / l	111,1	53,7
Nitritos	mg / l	0,0	0,0
Azoto Amoniacal	mg / l	20,3	10,4
Cloretos	mg / l	36,5	18,5
Dureza	mg HCO ³⁻ / l	5836,6	2926,7
Cálcio	mg / l	157,0	81,2
Fosfatos	mg / l	9,5	4,8
Sódio	mg / l	110,5	21,6
Potássio	mg / l	135,1	42,1
Magnésio	mg / l	1380,1	691,9

2.2.1. - Instalação e condução do ensaio

i) Plantação

Foi efetuada a transplantação das plântulas de alface batávia no dia 14 de Novembro, para pequenos vasos de polietileno, perfurados na base, com cerca de 7 cm de diâmetro superior, 4 cm de diâmetro na base, e uma altura de 8 cm. Foram utilizados 27 vasos no total.

Dentro dos vasos foram depositados os 3 substratos, como se verifica na figura 7.

- ✓ 9 Vasos com fibra de côco;
- ✓ 9 Vasos com argila expandida;
- ✓ 9 Vasos com perlite;



Figura 7 - Vasos com substrato

Terminada a transplantação, o ensaio assumiu a ordem que se verifica na figura 8.



Figura 8 - Delineamento após a transplantação e instalação dos vasos

ii) Rega

A circulação da água realizava-se de 15 em 15 minutos (15 minutos a circular e 15 minutos sem circulação) no período diurno, das 07:00 horas até às 19:00 horas. No período noturno efetuaram-se duas regas de 15 minutos, uma delas às 23:00 horas e outra às 03:00 horas.

A bomba utilizada no sistema registou um caudal de 10,4 litros por minuto.

iii) Condução do Ensaio

Uma vez que o sistema utilizado é considerado convencional e não efetua automaticamente a reconstituição da solução que circula pelo sistema, foi feita a renovação da solução quinzenalmente, de acordo com os protocolos descritos por Moraes (1997) e Martinez (2002), citados por Genúncio et al (2006).

Semanalmente foi efetuada a recolha de amostras de água para posterior análise. Foi também realizada contagem do número de folhas e medido o diâmetros do repolho das plantas.

iv) Colheita

Na figura 9 pode-se observar o último estado de desenvolvimento vegetativo da alface, antes da colheita. A colheita foi realizada quando as alfaces atingiram um estado adulto ideal para comercialização. Foi efetuada durante a manhã, altura em que as plantas possuem maior turgidez.

A colheita ocorreu no dia 09 de janeiro de 2014.



Figura 9 - Alfaces com as folhas totalmente desenvolvidas

2.3. - Segundo Ensaio – Cultivo hidropónico da cultura da alface em sistema NFT com SNART

i) Duração do segundo ensaio

O segundo ensaio decorreu de 15 de março de 2014, data da plantação, a 06 de maio de 2014, dia da colheita, sendo utilizada uma solução nutritiva de água residual pré-tratada proveniente de uma queijaria.

Relativamente à variedade utilizada, sistema de cultivo, constituição do sistema, delineamento do ensaio, plantação, rega, instalação e condução do ensaio, foram efetuados à semelhança do primeiro ensaio

ii) Caracterização da SNART.

Foi feita uma solução nutritiva com utilização de água residual de queijaria localizada na região de Beja. As águas residuais brutas foram tratadas por processos de precipitação química básica + neutralização natural, os quais permitiram a remoção parcial de matéria orgânica, sólidos, gorduras e alguns nutrientes.

Procedeu-se depois à diluição de 1:10, utilizando água proveniente do furo existente no Centro Hortofrutícola do IPBeja.

Na tabela 11, estão registadas as características físico-químicas da SNART utilizada no segundo ensaio.

Tabela 11 - Características físico-químicas da SNART

Parâmetros Analisados	Unidades	Concentração média	σ
pH	-	7,4	0,2
Condutividade	mS / cm	1,7	0,4
Redox	mV	67,3	21,1
Nitratos	mg / l	8,1	3,2
Nitritos	mg / l	0,2	0,2
Azoto Amoniacal	mg / l	19,8	16,8
Cloretos	mg / l	331,8	138,9
Dureza	mg HCO ³⁻ / l	3052,4	1217,8
Calcio	mg / l	90,2	49,2
Fosfatos	mg / l	0,6	0,6
Sódio	mg / l	229,5	101,2
Potássio	mg / l	128,1	88,2
Magnésio	mg / l	719,8	284,6

iii) Colheita

A colheita ocorreu no dia 06 de maio de 2014 da parte da manhã, à semelhança do primeiro ensaio. Na figura 10 estão ilustradas as alfaces cinco dias antes da colheita.



Figura 10 - Alfaces com SNART, 5 dias antes da colheita

2.4. – Determinação do peso fresco e seco do material vegetal e teor de clorofila

Após a colheita, em ambos os ensaios, foram efetuadas pesagens das alfaces. Primeiro foi registado peso fresco, figura 11, após secagem durante 48h à temperatura de 65 a 70 °C em estufa, figura 12, foram feitos registos do peso seco, figura 13. Todo os dados registados estão no anexo 1.



Figura 11 – Pesagem em fresco



Figura 13 – Secagem em estufa



Figura 12- Pesagem em seco

O teor de clorofila foi determinado pelo índice SPAD com a utilização do clorofilômetro portátil (Chlorophyll Meter SPAD-502), (figura 14). O medidor portátil SPAD-502 avalia, quantitativamente, a intensidade do verde da folha, medindo as transmissões de luz a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila, e a 940 nm, onde não ocorre absorção (Gil et al, 2002; Ferreira et al, 2006). Com estes dois valores, o equipamento calcula um número ou índice SPAD que, normalmente, é altamente correlacionado com o teor de clorofila da folha e pode identificar deficiência de N, além de ter potencial de identificar situações onde a aplicação adicional de N não seja necessária (Gil et al., 2002).

Só foi possível determinar este índice para o primeiro ensaio. As leituras foram efetuadas após a colheita, sendo escolhidas duas folhas de cada planta, dando preferência às situadas no interior da planta, nas quais foram feitas duas

leituras próximas à nervura central da folha, sem entretanto encostar na nervura e tomando-se o cuidado para que a folha ficasse completamente expandida. Assim, foram obtidas as médias das 4 leituras por planta.



Figura 14 - Clorofilômetro portátil

2.5. - Procedimentos analíticos

2.5.1. - Análises químicas das alfaces

Foi efetuada em laboratório a análise química da parte aérea da alface para obter os teores de enxofre, boro, fósforo, e potássio referentes à matéria seca.

Para o método de determinação do potássio, utilizou-se uma solução colorídrica das cinzas (obtidas numa preparação prévia) por fotometria de chama. Para obtenção da percentagem de fósforo utilizou-se o método espectrofotométrico. O boro foi obtido pelo método espectrofotométrico da azomethina H, a sua determinação é feita por espectrofotometria no comprimento de onda de 410 nm. O enxofre foi obtido por precipitação ao adicionar vários reagentes.

2.5.2. - Recolha e armazenagem das amostras das soluções nutritivas

As amostras das águas da solução nutritiva e da solução nutritiva de água residual de queijaria pré-tratada, foram recolhidas semanalmente e acondicionadas em garrafas de polietileno. Foram conservadas à temperatura de 4 °C, conforme indicado no *Standard Methods for Examination of Water and*

Wastewater (APHA, 1995) para posterior realização das análises propostas. Tanto a solução nutritiva quanto a solução nutritiva de água residual de queijaria pré-tratada, foram determinados os seguintes parâmetros: pH, condutividade, N, Ca, Mg, P, K, Na, Cl. Além desses, foram também analisados os parâmetros CQO, potencial redox, e azoto amoniacal.

2.6. - Monitorização das características físico-químicas das soluções nutritivas

O pH e o potencial redox foram monitorizados em aparelho WTW InoLab. A condutividade foi quantificada com o medidor Jenway 4510. Os parâmetros CQO pelo método colorimétrico de refluxo fechado, fósforo pelo método vanadato-molibdato, o azoto amoniacal pelo método por destilação, e sólidos analisaram-se recorrendo a métodos Standards.

Os cloretos foram analisados pelo método de Mohre, e o CBO5 pelo método respirométrico. O sódio e o potássio foram determinados num fotómetro de chama (CORNING 410). A medição do cálcio e magnésio foram efetuadas pelo método de compleximetria com EDTA na presença de indicador negro de eriocromo T e para a determinação do cálcio utilizou-se o indicador Calcon. A determinação da alcalinidade foi feita por volumetria, usando como titulante uma solução de ácido forte (HCl) de concentração conhecida.

2.7. - Análises estatísticas

Os resultados dos parâmetros recolhidos nos dois ensaios foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as suas médias comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, empregando o programa Microsoft Excel. Na análise de variância ANOVA, determinou-se que sempre que o valor de F foi superior ao F crítico, existiu efeito significativo entre

tratamentos. Sempre que F foi inferior ao F crítico, não existiu diferença estatisticamente significativa.

Esta análise foi essencialmente referente aos diferentes tipos de substrato com SNAS e com a SNART, para todos os fatores analisados, número de folhas, diâmetro do repolho, peso fresco, peso seco, análise química das folhas, e o índice de clorofila.

III - Resultados e discussão

3.1. - Primeiro ensaio

3.1.1. - Efeito do substrato no número de folhas da alface em SNAS

A seguir apresenta-se os resultados para o número de folhas em SNAS (tabela 12).

Tabela 12- Análise de variância no n° folhas em SNAS

<i>SUMÁRIO</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>	
Argila expandida	3	57,7	19,2	0,3	
Perlite	3	62,3	20,8	1,4	
Fibra Côco	3	59,0	19,7	1,3	
	1	3	62,0	20,7	1,4
	2	3	58,7	19,6	0,7
	3	3	58,3	19,4	1,4

ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Substratos	3,9	2	1,9	2,4	0,2	6,9
Repetições	2,7	2	1,4	1,7	0,3	6,9
Erro	3,2	4	0,8			
Total	9,8	8				

Pode-se constatar pela análise à tabela relativa ao número de folhas em SNAS, que não se registou uma diferença significativa entre substratos.

O valor mais alto do número de folhas foi observado na cultura realizada no substrato de perlite (20,8 folhas).

3.1.2. - Efeito do substrato no diâmetro (cm) do repolho com SNAS

Na tabela 13 apresentam-se os resultados para o diâmetro do repolho em SNAS.

Tabela 13- Análise de variância diâmetro SNAS

<i>SUMÁRIO</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Argila expandida	3	78,2	26,1	1,8
Perlite	3	84,7	28,2	1,9
Fibra Côco	3	86,3	28,8	0,5
1	3	83,3	27,8	1,0
2	3	85,7	28,6	1,8
3	3	80,2	26,7	5,1

ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Substratos	12,40	2	6,2	7,2	0,0	6,9
Repetições	5,06	2	2,5	3,0	0,2	6,9
Erro	3,42	4	0,9			
Total	20,88	8				

Relativamente ao diâmetro do repolho em SNAS, os resultados apresentados demonstram que existiu uma diferença com significado entre os substratos.

O valor mais alto do diâmetro do repolho foi obtido na fibra de côco (28,8 cm).

3.1.3. - Efeito do substrato no peso fresco (g) da parte aérea em SNAS

Os resultados para o peso fresco em SNAS apresentam-se na tabela 14.

Tabela 14- Análise de variância peso fresco da parte aérea em SNAS

<i>SUMÁRIO</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>			
Argila expandida	3	282,7	94,2	107,7			
Perlite	3	425,9	142,0	245,1			
Fibra Côco	3	400,4	133,5	326,5			
	1	3	354,3	118,1	459,5		
	2	3	415,4	138,5	937,7		
	3	3	339,3	113,1	685,7		
ANOVA							
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>	
Substratos	3888,8	2	1944,4	28,1	0,0	6,9	
Repetições	1081,6	2	540,8	7,8	0,0	6,9	
Erro	276,9	4	69,2				
Total	5247,3	8					

No que diz respeito ao peso fresco da parte aérea em solução nutritiva, podemos afirmar que se observou uma diferença com significado entre os substratos.

Neste parâmetro, é a perlite que apresenta um valor significativamente superior (142,0 g) em comparação aos restantes substratos.

3.1.4. - Efeito do substrato no peso seco (g) da parte aérea em SNAS

Para o peso seco da parte aérea em SNAS, apresentam-se os resultados da análise na tabela 15.

Tabela 15 - Análise de variância peso seco em SNAS

<i>SUMÁRIO</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Argila expandida	3	15,2	5,1	0,9
Perlite	3	21,7	7,2	1,0
Fibra Côco	3	19,2	6,4	0,5
1	3	19,0	6,3	0,5
2	3	20,5	6,8	2,7
3	3	16,5	5,5	1,4

<i>ANOVA</i>						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Substratos	7,1	2	3,5	7,0	0,0	6,9
Repetições	2,7	2	1,3	2,6	0,2	6,9
Erro	2,0	4	0,5			
Total	11,8	8				

No que se refere ao peso seco em SNAS, à semelhança dos parâmetros anteriores, estatisticamente podemos afirmar, que se constatou uma diferença com significado entre os substratos.

O substrato que apresentou o valor superior de peso seco foi a perlite (7,2 g).

3.1.5. - Efeito do substrato no resultado do teor de nutrientes na parte aérea.

Na tabela 16, estão registados os valores médios de cada nutriente obtidos na parte aérea das plantas referente à matéria seca. No anexo 1 encontra-se o registo integral dos dados.

Tabela 16 - Teores médios potássio, fósforo, enxofre e boro

Substratos	%			mg kg⁻¹
	P	K	S	B
Argila expandida:	0,74	6,83	0,22	21,83
Perlite:	0,75	6,55	0,21	22,31
Fibra de côco:	0,87	6,61	0,14	21,55

Como se pode observar pela informação na tabela 16, para o mesmo nutriente as diferenças entre substratos não são consideráveis embora se verifiquem.

Para o fósforo, o resultado mais alto foi obtido na fibra de côco (0,87%), no que respeita ao potássio (0,74 %), e ao enxofre (0,22%), foi na argila expandida que os valores se acentuaram. O melhor resultado de boro foi alcançado na perlite (22,31 mg.kg⁻¹).

Os resultados obtidos não são esclarecedores para determinar qual dos substratos é mais benéfico em termos de nutrientes retidos pela planta.

3.1.6. - Efeito do substrato no Índice de clorofila (unidades SPAD)

Na tabela 17 podemos verificar os resultados do índice de clorofila em SNAS.

Tabela 17 - Análise de variância do índice de clorofila

SUMÁRIO	Contagem	Soma	Média	Variância
Argila expandida	3	68,0	22,7	10,7
Perlite	3	70,3	23,4	5,1
Fibra Côco	3	69,5	23,2	4,2
1	3	71,6	23,9	7,4
2	3	69,2	23,1	3,7
3	3	67,0	22,3	7,6

ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Linhas	0,9	2	0,5	0,1	1,0	6,9
Colunas	3,6	2	1,8	0,2	0,8	6,9
Erro	36,4	4	9,1			
Total	41,0	8				

Como se pode observar pela informação da tabela da ANOVA, não existiu uma diferença significativa entre tratamentos para o índice de clorofila em SNAS.

No que respeita às médias, o valor mais alto do índice de clorofila foi obtido na perlite, sendo este 23,4 unidades SPAD.

3.2. - Segundo Ensaio

3.2.1 - Efeito do substrato no número de folhas em SNART

Na tabela seguinte apresenta-se os resultados para o número de folhas em SNART, (tabela 18).

Tabela 18 - Análise de variância n.º folhas em SNART

<i>SUMÁRIO</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
Argila expandida	3	51,3	17,1	7,7		
Perlite	3	75,7	25,2	0,3		
Fibra Côco	3	86,0	28,7	3,5		
	1	3	70,3	23,4	73,2	
	2	3	71,7	23,9	16,3	
	3	3	71,0	23,7	27,4	

<i>ANOVA</i>						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Substratos	211,2	2	105,6	18,8	0,0	6,9
Repetições	0,3	2	0,1	0,0	1,0	6,9
Erro	22,5	4	5,6			
Total	234,1	8				

Também nesta solução, para o número de folhas, podemos comprovar que existiu uma diferença significativa entre substratos.

Podemos ainda afirmar, no que diz respeito às médias, que o valor mais alto do número de folhas foi obtido na fibra de côco (28,7 folhas).

3.2.2. - Efeito do substrato no diâmetro (cm) do repolho em SNART

Para o diâmetro do repolho das plantas em SNART, podem-se consultar os resultados na tabela 19.

Tabela 19 - Análise de variância diâmetro em SNART

SUMÁRIO	Contagem	Soma	Média	Variância	
Argila expandida	3	55,3	18,4	29,4	
Perlite	3	65,8	21,9	4,0	
Fibra Côco	3	80,0	26,7	0,1	
	1	3	59,8	19,9	45,6
	2	3	66,3	22,1	16,7
	3	3	75,0	25,0	3,0

ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Substratos	102,1	2	51,1	7,2	0,0	6,9
Repetições	38,6	2	19,3	2,7	0,2	6,9
Erro	28,4	4	7,1			
Total	169,1	8				

Relativamente ao diâmetro do repolho em SNART, pode-se observar mais uma vez que existiu uma diferença com significado entre os substratos.

O valor mais alto do diâmetro do repolho foi obtido na fibra de côco, sendo este 26,7 cm.

3.2.3. - Efeito do substrato no peso fresco (g) da parte aérea em SNART

De seguida, estão registados os resultados para o peso fresco da parte aérea em SNART (tabela 20).

Tabela 20 - Análise de variância do peso fresco em SNART

<i>SUMÁRIO</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>			
Argila expandida	3	91,0	30,3	305,6			
Perlite	3	185,5	61,8	109,7			
Fibra Côco	3	356,5	118,8	98,3			
	1	3	180,2	60,1	2918,8		
	2	3	211,3	70,4	1236,7		
	3	3	241,5	80,5	2081,6		
ANOVA							
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>	
Substratos	12074,3	2	6037,1	60,4	0,0	6,9	
Repetições	627,5	2	313,8	3,1	0,2	6,9	
Erro	399,8	4	100,0				
Total	13101,6	8					

No peso fresco da parte aérea, podemos mais uma vez afirmar, que existe uma diferença com significado estatístico entre os substratos.

A fibra de côco foi o substrato que apresentou um valor significativamente superior de peso fresco da parte aérea (118,8 g), em comparação aos restantes substratos.

3.2.4. - Efeito do substrato no peso seco (g) da parte aérea em SNART

Os resultados para o peso seco da parte aérea em SNART, estão registrados na tabela 21

Tabela 21 - Análise de variância peso seco em SNART

SUMÁRIO	Contagem	Soma	Média	Variância			
Argila expandida	3	9,7	3,2	2,7			
Perlite	3	18,8	6,3	1,0			
Fibra Côco	3	28,5	9,5	1,2			
	1	3	16,2	5,4	15,8		
	2	3	18,9	6,3	4,1		
	3	3	21,9	7,3	11,6		
ANOVA							
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico	
Substratos	58,8	2	29,4	27,2	0,0	6,9	
Repetições	5,5	2	2,7	2,5	0,2	6,9	
Erro	4,3	4	1,1				
Total	68,6	8					

Relativamente ao peso seco em SNART, à semelhança dos parâmetros anteriores, estatisticamente podemos afirmar, que se observou uma diferença com significado entre os substratos.

Foi novamente na fibra de côco que se obteve um valor superior (9,5 g) relativamente ao peso seco.

O tipo de substrato influenciou e teve efeitos na produtividade da cultura da alface, em ambos os ensaios. Contrariamente, Carneiro et al, (2000) não obtiveram influência de os substratos no peso da matéria seca da parte aérea e no número de folhas na avaliação de cinco diferentes substratos para o cultivo de pepino fora do solo

Assim, podemos inferir que para a SNAS, o substrato que apresentou os resultados mais altos, na maioria dos parâmetros, foi a perlite, com à exceção do diâmetro. Enquanto na SNART, em todos os parâmetros, é a fibra de côco, sem exceção, que obtém resultados mais altos, estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos por Farias et al, (2011), na cultura hidropónica NFT da rúcula plantas de rúculas produzidas em substrato casca de arroz carbonizado e fibra de coco.

Visualmente pôde-se constatar que em ambos os ensaios, o substrato com mais dificuldade em reter solução nutritiva foi a argila expandida. Contrariamente, o que mais água reteve foi a fibra de côco, o que demonstrou ser uma vantagem no segundo ensaio, uma vez que este foi realizado no período de primavera verão, uma época mais quente e com maior necessidade de água. Este pode ser um dos motivos pelos quais se obtiveram melhores resultados na fibra de côco no ensaio com SNART.

De acordo com, Smiderle et al, (2001), a composição do substrato influenciou nos parâmetros medidos, possivelmente pelo espaço poroso apresentado nos diferentes substratos.

Torna-se desta forma claro que, a escolha do substrato é muito importante na utilização de determinadas soluções nutritivas no sistema semi-hidropônico.

Deve-se salvaguardar que todos os tratamentos em ambos os ensaios eram semelhantes quanto à disponibilidade de nutrientes para as plantas, já que estes eram repostos pela solução nutritiva que circulava por todo o sistema.

3.3 - Avaliação do desempenho do Sistema hidropônico na remoção de nutrientes das soluções nutritivas SNAS e SNART

3.3.1. Exigências nutricionais da cultura

Para além de se verificar as exigências nutricionais da cultura, houve também interesse em observar se as alfaces produzidas no sistema hidropônico NFT teriam uma dupla função: retirarem os nutrientes da SNART em quantidade suficiente para se desenvolverem e, simultaneamente, ao retirarem esses nutrientes, funcionassem como um sistema de afinação para que SNART pudesse ser descarregada no meio hídrico no final de cada ciclo. Normalmente

os sistemas hidropônicos reutilizam a solução nutritiva por reposição contínua de nutrientes.

Os ciclos foram analisados tendo em conta a existência de algum nutriente limitante, que se veio a comprovar ser o azoto amoniacal. Como podemos constatar na figura 15, o teor de azoto amoniacal chegou mesmo ao valor 0 perto do fim do ciclo da cultura em ambos os ensaios.

Os ciclos representados no gráfico, são ciclos com a duração de 15 dias, que iniciaram e terminaram no dia em que foi efetuada renovação da solução.

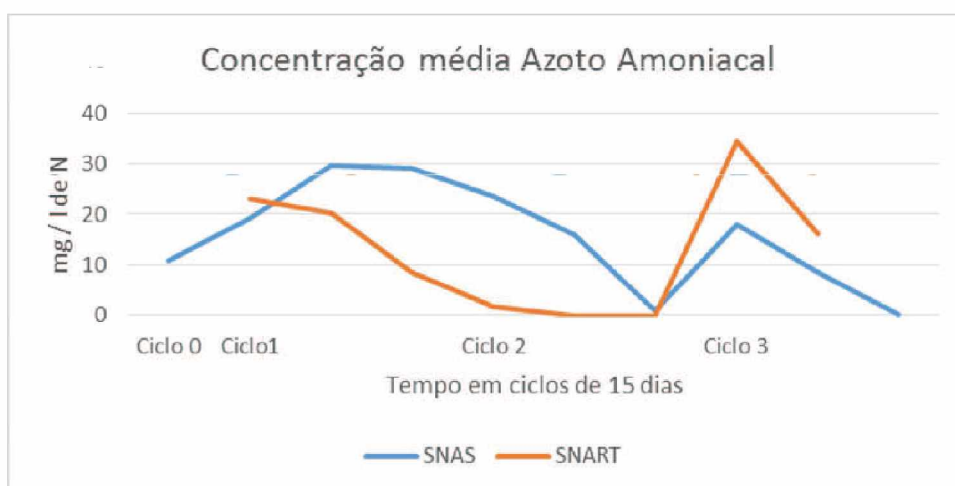


Figura 15 – Concentração média de azoto amoniacal ao longo dos ciclos para as duas soluções

O período de maior consumo de nutrientes alface é na fase final de produção, devido ao seu ciclo curto e à pequena exigência em nutrientes pelas cultivares disponíveis no mercado (Terra et al, 2001). Esta intensificação de absorção de macronutrientes, principalmente, está relacionada com a produção de matéria seca, a qual é lenta no início de desenvolvimento das plantas, ocorrendo uma aceleração no processo a partir do trigésimo dia do ciclo cultural, chegando a valores elevados na época da colheita (Garcia et al, 1982). Os mesmos autores verificaram que a partir do quadragésimo dia do ciclo cultural, a alface apresenta a tendência de acumular mais rapidamente matéria seca, consequentemente com uma maior absorção de nutrientes.

3.3.2. - Avaliação das características físico-químicas das soluções nutritivas utilizadas

As duas soluções nutritivas apresentavam características físico-químicas muito semelhantes quando eram aplicadas no sistema hidropônico. Como já foi referido, os parâmetros e os nutrientes monitorizados nas soluções nutritivas foram: pH, condutividade, potencial Redox, nitritos, nitratos, azoto amoniacal, fosfatos, cloretos, sódio, potássio, magnésio, cálcio, SAR e CQO.

As características físico-químicas da SNAS e SNART utilizadas encontram-se resumidas na tabela 22. No anexo 2 estão todos os registos dos resultados das análises físico-químicas feitas às amostras das soluções.

Tabela 22- características físico-químicas das soluções à entrada do sistema

	Unidades	SNAS Entrada	SNART entrada
		(Valores médios)	(Valores médios)
pH	Escala Sorensen	7,4	7,3
Condutividade	mS / cm	1,7	1,6
Redox	mV	67,3	113,4
Nitratos	mg / l	8,1	111,1
Nitritos	mg / l	0,2	0
Azoto Amoniacal	mg / l	19,8	20,3
Cloretos	mg / l	331,8	36,5
Dureza	mg / l Ca CO ³	3052,4	5836,6
Cálcio	mg / l	90,2	157
Fosfatos	mg / l	0,6	9,5
Sódio	mg / l	229,5	110,5
Potássio	mg / l	128,1	135,1
Magnésio	mg / l	719,8	1380,1
CQO	mg/l O ₂	65,9	38,8
SAR		16,1	5,6

3.3.3. - Avaliação das características físico-químicas das soluções nutritivas à saída do sistema

Na tabela 23 estão resumidas as características médias da SNAS e da SNART à saída do Sistema hidropônico em cada ciclo. Estas soluções terão de ser descartadas no meio hídrico ou reutilizadas para outro fim. Para tal terão que obedecer às normas legais de descargas de águas residuais, (decreto-lei 236/98).

Se confrontarmos a qualidade média da SNAS no final de cada ciclo com as normas de descarga de águas residuais, verifica-se que a SNAS não pode ser descarregada no meio hídrico em virtude de apresentar uma concentração de nitratos superior ao estipulado no anexo XVIII do decreto-lei 236 de 98 (anexo3), relativo às normas de descarga de águas residuais no meio hídrico. Nesse contexto foi avaliada a possibilidade da sua utilização como água de rega e verificou-se, nos parâmetros monitorizados, que a mesma apresentava características compatíveis com a utilização como água de rega.

Tabela 23 - Características físico-químicas das soluções à saída do sistema

	Unidades	SNAS saída (Valores médios)	SNART saída (Valores médios)	Decreto-lei 236/98 VMR (Anexo XVI)	Decreto-lei 236/98 VMA (Anexo XVI)	Decreto-lei 236/98 VLE (Anexo XVIII)
pH	-	7,8	7,7	6,5-8,4	4,5-9,0	6,0-9,0
Condutividade	mS / cm	1,5	1,4	1	-	-
Redox	mV	111,4	97,1	-	-	-
Nitratos	mg / l	88,7	3,8	50	-	50
Nitritos	mg / l	0,4	0,1	-	-	-
Azoto Amoniacal	mg / l	10,3	4,3	-	-	10
Cloretos	mg / l	43,8	291,7	70	-	-
Dureza	mg / l Ca CO ³	5876,5	4885,1	-	-	-
Cálcio	mg / l	144,9	121,7	-	-	-
Fosfatos	mg / l	4,6	1	-	-	10*
Sódio	mg / l	49,1	194,7	-	-	-
Potássio	mg / l	66,8	74,6	-	-	-
Magnésio	mg / l	1392,8	1157,5	-	-	-
CQO	mg/l O ₂	55,5	50,1	-	-	150
SAR	-	2,5	9,9	8	-	-

Analisando o comportamento da semi-hidroponia aquando da utilização da solução nutritiva SNART, verifica-se que o pH sofreu um ligeiro aumento médio (de 7,4 para 7,7) e a condutividade sofreu uma ligeira diminuição média de 1,6 para 1,4 mS.cm⁻¹. Os dados obtidos no presente trabalho tiveram como valor adotado a condutividade elétrica de 1,7 mS.cm⁻¹, recomendada para regiões quentes, proposta por Furlani et al. (1999), ou seja, situa-se no intervalo entre 1,5 e 2,0 mS.cm⁻¹ observados por Furlani (2003).

O potencial redox baixou ligeiramente, mas manteve-se com valores positivos. Verifica-se um abaixamento significativo da concentração média de nitratos e de azoto amoniacal, com formação de nitritos. Também se regista o consumo de fosfatos numa percentagem muitíssimo elevada na ordem dos 90%. Verifica-se um abaixamento no teor de magnésio e potássio. Contrariamente ao verificado na SNAS, o CQO apresenta um aumento de 29%. Tal fato pode dever-se à morte de algumas raízes o que vai aumentar o teor de matéria orgânica da SNART. Verifica-se ainda um decréscimo de cálcio e magnésio. Por outro lado o aumento do índice SAR (relação de absorção de sódio) foi bastante significativo e pode dever-se ao aumento médio de sódio na SNART.

3.3.3. Avaliação da eficiência da Hidroponia na afinação das soluções nutritivas

No final de cada ciclo foi avaliada a eficiência de remoção média para cada um dos parâmetros monitorizados, de acordo com a seguinte expressão:

$$\% \text{ de remoção} = ((C_i - C_f) / C_i) \times 100$$

C_i é a concentração média inicial

C_f é a concentração média final

Os resultados obtidos para a percentagem de remoção de cada um dos parâmetros analisados, encontram-se resumidos na tabela 24. Estas percentagens de remoção na água em princípio estarão relacionadas com as

quantidades destes nutrientes absorvidos pelas plantas, mas também se podem dever a fenómenos de evapotranspiração (Batista, 2010).

Tabela 24 – Percentagem de remoção de cada parâmetro

Parâmetro	% Remoção	% Remoção
	SNAS	SNART
pH	7,8	7,7
Condutividade	1,5	1,4
Redox	111,4	97,1
Nitratos	-999,4	96,5
Nitritos	-135,9	-372,9
Azoto Amoniacal	48,1	78,7
Cloretos	86,8	-700
Dureza	-92,5	16,3
Cálcio	-60,7	22,4
Fosfatos	-614,7	89,8
Sódio	78,6	-76,1
Potássio	47,9	44,8
Magnésio	-93,5	16,1
CQO	15,8	-29,1
SAR	84,5	-76,8

Como podemos observar, existe um desempenho muito semelhante por parte do sistema hidropónico no que diz respeito a pH, condutividade e potencial redox, obtendo-se água residual tratada com características muito semelhantes no que diz respeito a estes três parâmetros. Já no que diz respeito à remoção de compostos de azoto, ambos apresentam aumento da concentração de nitritos e remoção de azoto amoniacal, no entanto a SNART apresentou remoção de nitratos e a SNAS apresentou um aumento. No que diz respeito ao sódio e aos cloretos, o sistema comportou-se de modo contraditório, aumento no caso da SNART e diminuição no caso da SNAS. Quanto ao cálcio e magnésio, a SNAS apresenta um aumento muito considerável e a SNART uma remoção na ordem dos 22 e 44%, respetivamente.

A SNAS apresenta um aumento muito elevado de fosfatos contrariamente à SNART que apresenta uma remoção da ordem dos 90%. Já no que diz respeito ao potássio ambos os sistemas apresentam uma taxa de remoção semelhante na ordem dos 45%. A remoção de CQO não mostra concordância já que com a SNAS se verifica uma pequena remoção e um elevado aumento com a SNART. Por outro lado, em consequência de se verificar um aumento da

concentração de sódio na SNART o valor do índice SAR apresenta um aumento significativo.

No que diz respeito aos macronutrientes e alguns micronutrientes principais, a extração de nutrientes pelas plantas em SNAS (média das concentrações obtidas nas amostras da solução, sem considerar perdas por outros meios, como por exemplo evaporação) obedeceu a seguinte ordem decrescente: $\text{Na} > \text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P}$. Em SNART obedeceu à seguinte ordem: $\text{P} > \text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na}$.

Em suma, este trabalho permite mostrar que o sistema hidropónico poderá ter viabilidade para o fim que se pretendia, pois permitirá afinar uma SNART que apresente excesso de NH_4^+ , Nitratos e Fósforo e ao mesmo tempo ter capacidade de fornecer os nutrientes necessários ao bom desenvolvimento da cultura de alface. No entanto deve-se ressaltar que os resultados obtidos neste trabalho ainda são muito insipientes e deles não podemos ainda tirar grandes ilações.

IV - Considerações Finais

De acordo com os resultados obtidos e nas condições de realização desta pesquisa é possível concluir que:

Para os parâmetros: peso fresco da parte aérea, peso seco da parte aérea, número total de folhas em SNAS, os resultados mais altos foram alcançados na perlite, provavelmente devido à facilidade de circulação da solução nutritiva no substrato, e pelo fato deste substrato permitir que a humidade e o oxigénio possam fluir livremente até às raízes.

Em SNART, para os parâmetros: peso fresco da parte aérea, peso seco da parte aérea, número total de folhas, diâmetro do repolho, os valores mais elevados foram obtidos na fibra de côco talvez por se tratar do substrato utilizado com maior capacidade de retenção de água e consequentemente maior capacidade de reter nutrientes.

A argila expandida, de acordo com os resultados obtidos, não é um substrato apto para o cultivo em semi-hidroponia comparativamente à fibra de côco e à perlite.

De acordo com a análise química das amostras das soluções, o sistema hidropónico NFT com a cultura da alface revelou ter uma dupla ação, para além das plantas retirarem os nutrientes em quantidade suficiente para se desenvolverem, funcionaram como um sistema de afinação para que a SNART pudesse ser descarregada no meio hídrico no final de cada ciclo.

Ambas as soluções utilizadas forneceram satisfatoriamente os nutrientes necessários ao cultivo da alface. Quaisquer umas das duas soluções utilizadas pode ser indicada como opção para o cultivo da alface semi-hidropónica.

O uso da água como um bem cada vez mais escasso, e de fertilizantes como fonte de poluição ambiental pode ser minimizado com sistemas de hidroponia e

recorrendo a soluções nutritivas. Os resultados obtidos demonstram a possibilidade de uso da água proveniente de efluente de queijaria pré tratada como fonte de nutrientes para as plantas, constituindo uma alternativa promissora aos fertilizantes convencionais.

A hidroponia não é ainda um sistema perfeito, necessita ainda de alguma investigação de forma a obter métodos mais eficientes na análise nutritiva, ajustamento automático da solução nutritiva e a sua esterilização.

Com um controlo eficaz, podemos ter na hidroponia um potencial e uma solução para aumentar a produção intensiva e obter colheitas homogéneas, de forma a alimentar a população crescente do mundo. Como sabemos, a área de solos aptos para a agricultura é cada vez menor sendo necessário o homem encontrar alternativas de produção viáveis a nível económico e até de sobrevivência, quem sabe se esse caminho não passará pelas culturas hidróponicas.

V. – Bibliografia

Almeida, D. (2006). **Manual de culturas hortícolas – Volume I**. Barcarena: Editorial Presença;

Andriolo, J. L. (2000). **Fisiologia da produção de hortícolas em ambiente protegido**. Volume 18. Brasília: Horticultura Brasileira;

American Public Health Association. (1999). **Standard methods for the examination of water and wastewater: microbiological examination**. Disponível em: http://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf. Consultado a: 25/01/2015

Batista, L. M. M. (2010). **Construção e instalação de zonas húmidas para tratamento de efluentes de aquacultura** Disponível em: <http://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/2463/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20definitiva.pdf>. Consultado a: 25/01/2014;

Bliska Jr., A.; Honório, S. L. (1996). **Hidroponia**. Disponível em: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGB.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expression=mfn=188589>. Consultado a: 20/10/2014;

Carneiro Jr., A.G.; Seno, S.; Ferreira Filho, H.F. **Avaliação de cinco diferentes substratos para o cultivo de pepino fora do solo**. Horticultura Brasileira, Brasília.

Castellane, P.D.; Araújo, J.A.C. (1995). **Cultivo sem solo – hidroponia**. 4ª Ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP;

Caturra, J. (2013). **Tese de Mestrado Avaliação da Aplicação de subprodutos na indústria de queijo e de etanol na produção da cultura de alface**. Escola Superior Agrária de Beja;

Cermeño, Z. S. (1977). **Cultivo de plantas hortícolas em estufa**. Barcelona: AEDOS;

Cermeño, Z. S. (1988). **Prontuário do Horticultor –mais de 10 000 dados úteis**. Lisboa: Litexa;

Cometti, N. N. (2003). Tese: **Nutrição Mineral da Alface (*Lactuca sativa* L.) em Cultura Hidropônica – Sistema NFT**. Disponível em: <http://www.niltoncometti.com.br/Teses/Tese%20Nilton.pdf>. Consultado a: 25/11/2014;

Dawson, C.J. & Hilton, J., (2011). **Fertiliser availability in a resource-limited world: production and recycling of nitrogen and phosphorus**. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919210001260>. Consultado a:30/11/2014;

Fasciolo, G.E., Meca, M.I., Gabriel, E., Morábito, J. (2002). **Effects on crops of irrigation with treated municipal wastewaters. Water Science and Technology** Disponível em: <http://www.iwaponline.com/wst/04501/wst045010133.htm>. Consultado a: 30/11/2014;

Faquin, V.; Furtini, A. E.; Vilela, L.A.A. (1996). **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA;

Farias, V. D. S, Sampaio, I. M. G., Gusmão S. A. L., (2011) **Cultivo de rúcula em hidroponia NFT, submetido a diferentes substratos de produção de mudas e densidades de semeadura**. Disponível em:http://www.proped.ufra.edu.br/attachments/072_CULTIVO%20DE%20R%C3%9ACULA%20EM%20HIDROPONIA%20NFT,%20SUBMETIDO%20A%20DIFERENTES%20SUBSTRATOS%20DE%20PRODU%C3%87%C3%83O%20E%20MUDAS%20E%20DENSIDADES%20DE%20SEMEADURA.pdf. Acedido a: 15/01/2015

Ferreira M.M.M.; Ferreira G.B.; Fontes P.C.R.; Dantas J.P. (2006). **Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo.** Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305226787012>. Consultado a: 04/10/2014;

Filgueira, F.A.R. (2003) **Novo Manual de Olericultura – Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 2º Edição. Viçosa.

Furlani P.R.; Silveira L.C.P.; Bolonhezi D.; Faquin V. (1999). **Cultivo hidropônico de plantas.** Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000080&pid=S0102-0536200600020001000114&lng=pt. Consultado a: 01/10/2014;

Garcia, L.L.C.; Haag, H.P.; Minami, K.; Dechen, A.R. (1982) **Nutrição mineral de hortaliças. XLIX. Concentração e acúmulo de macronutrientes pela alface (*Lactuca sativa* L.)** Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

Gardê, a. & Gardê, N. (1988). **Culturas Hortícolas.** 6ª Ed. Porto: Clássica. DISQUAL. **Manual de Boas Práticas: Alface.** Disponível em: http://www.crcvirtual.org/vfs/old_crcv/biblioteca/disqual_alface/. Consultado a: 9/10/2014;

Genúncio G. C.; Majerowicz N.; Zonta E.; Santos A. M. Gracia D.; Ahmed C. R. M; Silva M. G. (2006). **Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em função da concentração iônica da solução nutritiva.** Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v24n2/10.pdf>. Consulta a: 20/01/2015

Gil, P.T.; Fontes, P.C.R.; Cecon, P.R.; Ferreira F.A. (2002). **Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata.** *Horticultura Brasileira*, Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v20n4/14503.pdf>. Consultado a: 9/10/2014;

Henz, G. P.; Suinaga, F. (2009). **Tipos de alface cultivados no Brasil.**

Disponível em:

http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2009/cot_75.pdf. Consultado a: 25/11/2014;

Jiménez-Cisneros, B. (1995). **Wastewater reuse to increase soil productivity.**

Water Science and Technology. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0273122396001527>.

Consultado a: 30/11/2014;

Maroto, J. V. (1990). **Horticultura para aficionados.** Madrid: Mundi-Prensa;

Martinez, H.E.P. (2002). **O uso do cultivo hidropônico de plantas** Disponível em:

[http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=ad&biblioteca=vazio&busca=autor ia:%20MARTINEZ,%20H.E.P.%20](http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=ad&biblioteca=vazio&busca=autor%20MARTINEZ,%20H.E.P.%20). Consultado a: 10/12/2014;

Moraes, C.A.G. (1997). **HIDROPONIA: Como cultivar tomates em sistema NFT.** 1.Ed. DISQ Editora.

Moretti, C. L.; Mattos, L. M. **Processamento mínimo de alface crespa.**

Comunicado Técnico 25: Embrapa Hortaliças, 2008. Disponível em:

http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2006/cot_36.pdf. Consultado a: 10/12/2014;

Murray, A. & Ray, I. (2010). **Wastewater for agriculture: A reuse-oriented planning model and its application in peri-urban China.** Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135409007702>.

Consultado a: 30/11/2014;

Ohse, S.; Dourado-Neto, D.; Manfron, P.A.; Santos, O. S. dos. (2001).

Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. Disponível

em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162001000100027. Consultado a: 20/10/2014;

Paranychianakis, N.V., Nikolantonakis, M., Spanakis, Y., Angelakis, A.N. (2006). **The effect of recycled water on the nutrient status of Soultanina grapevines grafted on different rootstocks**. Disponível em: <http://nhjy.hzau.edu.cn/kech/ssyy/qysd/njsl/9.pdf>. Consultado a: 30/11/2014;

Pereira, L.S., Oweis, T., Zairi, A. (2002). **Irrigation management under water scarcity**. Disponível em: http://www.researchgate.net/profile/Theib_Oweis/publication/223843129_Irrigation_management_under_water_scarcity/links/09e4150ec881fd7a0a000000.pdf. Consultado a: 30/11/2014;

Rodrigues, M. B. Vilas Boas, M. A., Sampaio, S.C., Reis, C. F. Gomes, S. D. (2011). **Efeitos de fertirrigações com águas residuárias de laticínio e frigorífico no solo e na produtividade da alface**. Disponível em: <http://www.periodicos.ufra.edu.br/index.php?journal=ajaes&page=article&op=view&path%5B%5D=1669>. Consultado a: 30/11/2014;

Regato, M. (2005). **Sebenta de Horticultura especial**. Escola Superior Agrária de Beja;

Resh, H. M. (2002). **Hydroponic food production**. 6ª Ed. Califórnia, EUA.

Sandri, D., Matsura, E. E., Testezlaf, R. (2007). **Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental;

Santos, O.; Manfron, P.; Menezes, N.; Ohse, S.; Schmidt, D.; Marodin, V.; Nogueira, H.; Vizzoto, M. (1998). **Cultivo hidropônico da alface. I. Teste preliminar de soluções nutritivas**. Santa Maria: UFSM;

Santos, A. O.; Neto, B.L.R.; Zwirter, D.S.; Silva, R. B.; Yonegaga, W. H. (2008). **Produção da alface hidropônica: uma abordagem pela dinâmica de sistemas.**

Disponível em: http://legacy.unifacef.com.br/quartocbs/artigos/J/J_139.pdf.
Consultado a: 10/12/2014;

Smiderle, O. J.; Salibe, A. B.; Hayashi A. H.; Minami K. (2001) **Produção de mudas de alface, pepino e pimentão em substratos combinando areia, solo e Plantmax.** Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v19n3/v19n3a22.pdf>. Acedido a: 15/01/2015

Teixeira, N.T. (1996). **Hidroponia – uma alternativa para pequenas áreas.** Guaíba: Agropecuária.

Terra, S. B.; Martins, S. R.; Fernandes, H. S.; Duarte, G. B. (2001). **Exportação de macronutrientes em alface cultivada no outono-inverno e na primavera com adubação orgânica em ambiente protegido.** Horticultura Brasileira, Brasília.

WEBGRAFIA

http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_base_dados Consultado a: 20/11/2014

<http://www.altogagreen.com/pt> Consultado a: 10/12/2014

<http://www.ceppa.ufpr.br/pdf/FQAE.pdf> Consultado a: 29/10/2014

<http://tudohidroponia.net/nft-um-tipo-de-hidroponia/> Consultado a: 10/09/2014

http://www.rijkzwaan.pt/wps/wcm/connect/RZ+PT/Rijk+Zwaan/Products_and_Services/Products/Crops/Lettuce Consultado a: 10/01/2015

VI – Anexos

Anexo 1 – Contagens e pesagens

Hidroponia – SNAS

Análise nutricional matéria seca

	%			mg kg ⁻¹
	P	K	S	B
L 1	0,58	5,61	0,25	20,7
L 2	0,68	6,07	0,22	25,68
L 3	0,56	5,93	0,13	17,09
P 4	0,77	6,57	0,13	23,83
P 5	0,69	6,03	0,15	21,85
P 6	0,81	5,91	0,13	23,57
F 7	0,83	6,69	0,11	20,02
F 8	0,97	7,76	0,16	21,65
F 9	1,23	5,98	0,08	22,08
L 10	0,8	6,58	0,22	21,83
L 11	0,74	7,57	0,2	24,4
L 12	0,84	7,4	0,24	22,64
P 13	0,72	7,01	0,19	23,56
P 14	0,73	6,69	0,15	18,25
P 15	0,66	5,67	0,28	25,98
F 16	0,81	6,98	0,22	22,36
F 17	0,83	7,06	0,13	23,24
F 18	0,75	6,54	0,1	21,03
P 19	0,71	6,94	0,38	20,08
P 20	0,71	6,67	0,34	20,73
P 21	0,94	7,47	0,12	22,94
L 22	0,81	7,07	0,34	19,9
L 23	0,78	6,97	0,2	21,88
L 24	0,87	8,25	0,18	22,32
F 25	0,88	6,65	0,22	21,17
F 26	0,74	5,53	0,1	18,75
F 27	0,79	6,31	0,15	23,65
MÉDIA Total:	0,79	6,66	0,19	21,90

L-Leca

P-Perlite

F-Fibra de côco

Contagem de Folhas Alfaca

SNAS

	DATAS								
1º ENSAIO	14/11/2013	21/11/2013	28/11/2013	05/12/2013	12/12/2013	19/12/2012	26/12/2013	02/01/2014	09/01/2014
L 1	4	8	10	12	14	16	18	19	19
L 2	5	10	12	13	14	16	17	17	17
L 3	4	7	10	12	14	15	16	21	23
P 4	4	8	10	12	12	15	17	20	21
P 5	6	10	12	13	13	15	17	20	21
P 6	6	12	12	14	16	17	18	22	24
F 7	5	11	11	13	14	14	16	20	21
F 8	6	11	12	14	14	15	17	20	22
F 9	4	10	11	13	15	15	18	18	18
L 10	4	9	12	13	15	16	17	18	18
L 11	5	10	12	13	15	16	18	20	20
L 12	5	9	10	13	15	15	16	18	18
P 13	6	10	11	13	17	17	17	20	20
P 14	4	9	12	14	16	18	18	20	20
P 15	5	9	12	14	17	17	17	19	19
F 16	5	12	11	13	17	17	17	19	20
F 17	6	10	12	14	15	18	20	22	22
F 18	4	9	10	12	15	17	17	19	19
P 19	6	14	15	17	19	19	20	22	23
P 20	6	11	13	15	15	17	17	20	21
P 21	5	10	12	14	15	18	18	18	18
L 22	5	11	11	12	14	15	15	18	20
L 23	4	9	10	13	14	15	16	18	19
L 24	5	10	11	12	14	16	16	19	19
F 25	4	7	10	12	14	17	18	21	21
F 26	4	9	12	14	16	17	17	18	18
F 27	4	9	12	14	14	15	15	16	16
	MÉDIA:								19,89
	MÉDIA L:								19,22
	MÉDIA P:								20,78
	MÉDIA F:								19,67

Contagem de Folhas Alfafa

SNART

DATAS								
2º ENSAIO	15/03/2014	22/03/2014	29/03/2014	05/04/2014	12/04/2014	19/04/2014	26/04/2014	06/05/2014
L 1	5	5	5	7	7	9	13	13
L 2	4	7	7	8	9	10	10	12
L 3	4	6	7	10	12	14	16	17
P 4	6	8	10	12	8	15	19	21
P 5	5	8	9	13	12	17	24	29
P 6	5	8	8	11	9	14	20	27
F 7	6	8	10	12	12	18	24	30
F 8	5	8	9	13	11	19	26	30
F 9	5	7	10	13	10	19	28	32
L 10	5	6	7	11	9	13	15	20
L 11	5	6	8	8	7	10	12	15
L 12	4	7	10	12	12	16	18	23
P 13	5	7	9	12	9	14	22	27
P 14	6	8	10	13	14	19	26	28
P 15	5	8	8	13	12	14	18	21
F 16	4	5	8	12	12	17	19	26
F 17	4	5	9	13	13	15	22	30
F 18	5	7	10	15	14	19	23	25
P 19	5	7	8	10	10	15	17	24
P 20	4	7	9	12	10	12	18	24
P 21	5	7	9	12	11	14	20	26
L 22	5	6	9	12	10	14	16	18
L 23	6	5	6	10	8	11	13	16
L 24	5	6	9	12	12	16	16	20
F 25	4	7	8	12	12	17	23	30
F 26	5	7	9	12	13	18	25	28
F 27	4	6	9	14	13	19	21	27
						MÉDIA:		23,67

Morte de
folhas

MÉDIA L:	17,11
MÉDIA P:	25,22
MÉDIA F:	28,67

Diâmetro do repolho

SNAS

Diametro do repóio		DATAS								
1º ENSAIO		14/11/2013	21/11/2013	28/11/2013	05/12/2013	12/12/2013	19/12/2012	26/12/2013	02/01/2014	09/01/2014
L 1		5	6	10	12,5	14	15	18,5	20	21
L 2		5	6	10	11	13	19	19	24,5	28
L 3		6	6	11	12,5	14	18	18,5	26	31
P 4		6	6	11	14	17	19	21	25	28,5
P 5		5	6	10	13	15	19	20,5	27	29
P 6		6	7	10	13,5	14,5	18,5	21	25	28,5
F 7		6	7	13	14	16	21	22,5	26	29
F 8		6	6	12	14	15	22	23	25	28
F 9		5	6	9	10	14	20	23,5	26	27
L 10		4	6	10	11	13	19	19	23	25
L 11		4	7	10	11	14	19,5	23,5	26	28
L 12		5	7	9	12	19	19	24,5	25,5	28
P 13		5	8	10	12	17	22	24	27,5	29
P 14		5	8	10	12	14	21	25	28	30
P 15		6	6	8	15	18	21	22,5	27	29
F 16		5	7	10	11	15	20	21	25,5	30
F 17		5	6	10	15	17	24	24	28	29
F 18		6	7	9	12	17	21,5	21,5	26	29
P 19		6	8	12	17	18	20,5	24,5	25	27
P 20		5	7	13	15	18	21	21	26	29
P 21		5	7	10	14	16	20	20	23,5	24
L 22		5	7	10,5	12	15	16	21	23	24
L 23		6	7	11	13	14	18,5	19	22	25
L 24		6	8	10,5	12	13	15	24	24	24,5
F 25		6	8	10	12	18	20	23	26	28
F 26		5	8	11	14	16	21	23	27	30
F 27		5	7	11	14	16	21	22	27	29
MÉDIA:										27,69
MÉDIA L:										26,06
MÉDIA P:										28,22
MÉDIA F:										28,78

Diâmetro do repolho

SNART

DATAS								
2º ENSAIO	15/03/2014	22/03/2014	29/03/2014	05/04/2014	12/04/2014	19/04/2014	26/04/2014	06/05/2014
L 1	5	5	7	7	8	10	11	11
L 2	7,5	8	9	12	12	12	14	15
L 3	6	8	10	10,5	11,5	13	13	13,5
P 4	7	8	9	11	14	16	16,5	18
P 5	7,5	8	11	14,5	21	21	23,5	24
P 6	8,5	9,5	12	13,5	14	16	16	18
F 7	7	11	10	15	22	23	26	26
F 8	8	7	12,5	22	23	24	24	26
F 9	8	8,5	13	20	24	26	26,5	28
L 10	7	9,5	10,5	13	14	14	16	16
L 11	8	9,5	9,5	10	10,5	12	12	13,5
L 12	6	9	12	16	20	23	23	25
P 13	6,5	11,5	13	16	20	24	24,5	26
P 14	6,5	8,5	10	11	16	17,5	18	20
P 15	6	8	10	15	15	19	19	19,5
F 16	7	9	10,5	19	19	22	23,5	24
F 17	7	9	11,5	22	22	24,5	25	27
F 18	6,5	11,5	14,5	13	23	25	25,5	28
P 19	8,5	10,5	10,5	18	19	22	24,5	27
P 20	6,5	10	13,5	17	17	18	20	20
P 21	6	10	13	13	19	23	24,5	25
L 22	6	9	10	11	14	17	23	25
L 23	6,5	7,5	7	13	13	15	17	20
L 24	6,5	7,5	9	22	22	24	25,5	27
F 25	7,5	9,5	13	19	24	26	27	27
F 26	5,5	10,5	12,5	19	22	23,5	26	28
F 27	5	9	13	15	17	21	24,5	26
MÉDIA:								22,35
MÉDIA L:								18,44
MÉDIA P:								21,94
MÉDIA F:								26,67

**Peso parte
aérea**

SNAS

	P Fresco	P Seco	% MS	Índice de clorofila
L 1	61,1	4,5	7,36%	27,8
L 2	112,96	6,5	5,75%	25,7
L 3	115,78	7,03	6,07%	25,8
P 4	162,33	8,44	5,20%	19
P 5	139,03	7,19	5,17%	25,9
P 6	117,09	5,7	4,87%	18,2
F 7	124,23	6,56	5,28%	26,3
F 8	113,84	5,29	4,65%	23,1
F 9	116,58	5,8	4,98%	23,1
L 10	90,29	4,09	4,53%	20,3
L 11	104,9	5,09	4,85%	20,3
L 12	114,51	5,95	5,20%	22
P 13	161,46	8,25	5,11%	22,4
P 14	168,8	8,68	5,14%	22,5
P 15	145,9	7,84	5,37%	26,4
F 16	144	6,43	4,47%	23
F 17	174,13	8,22	4,72%	25,1
F 18	142,12	7	4,93%	25,5
P 19	137	6,83	4,99%	26,4
P 20	136,22	6,86	5,04%	26,7
P 21	109,9	5,19	4,72%	23,4
L 22	88,3	4,3	4,87%	19,5
L 23	87,41	4,38	5,01%	21,6
L 24	72,94	3,76	5,15%	20,9
F 25	126,86	6,09	4,80%	21,1
F 26	135,1	6,36	4,71%	21,6
F 27	124,27	5,86	4,72%	19,7
MÉDIA:	123,22	6,23	5,10%	23,09

MÉDIA L:	94,24	5,07	5,42%	22,66
MÉDIA P:	141,97	7,22	5,07%	23,43
MÉDIA F:	133,46	6,40	4,80%	23,17

**Peso parte
aérea**

SNART

	P Fresco	P Seco	% MS
L 1	6,09	0,98	16,09%
L 2	5,42	0,89	16,42%
L 3	19,1	2,24	11,73%
P 4	31,1	3,93	12,64%
P 5	85,27	7,87	9,23%
P 6	41,2	4,65	11,29%
F 7	109,6	8,9	8,12%
F 8	110,74	9,47	8,55%
F 9	123,03	9,61	7,81%
L 10	39,5	4,11	10,41%
L 11	12	1,84	15,33%
L 12	73,8	7,5	10,16%
P 13	78,15	7,47	9,56%
P 14	59,31	5,68	9,58%
P 15	42,07	4,6	10,93%
F 16	99,17	8,35	8,42%
F 17	107,03	9,1	8,50%
F 18	122,8	8,04	6,55%
P 19	60,3	6,28	10,41%
P 20	76,91	7,91	10,28%
P 21	82,34	8	9,72%
L 22	42,06	4,53	10,77%
L 23	10,69	1,25	11,69%
L 24	64,26	5,77	8,98%
F 25	138,92	10,92	7,86%
F 26	144,45	11,92	8,25%
F 27	104,7	9,1	8,69%
MÉDIA:	70,00	6,33	10,30%

MÉDIA L:	30,32	3,23	12,40%
MÉDIA P:	61,85	6,27	10,40%
MÉDIA F:	117,83	9,49	8,08%

Anexo 2 – Análise físico-química amostras de solução

	Ordem	Água	Data	Amostras	pH	Condutividade	Redox	Nitratos em mg/l N	Nitritos mg/l N	Azoto Amoniacal	Cloretos	Dureza	Calcio	Fosfatos	Sódio	Potassio	Magnésio	CQO
SNAS	1	Água Velha (antes de n	28/11/2013	10	7,8	1,51	105,90	88,07	0,05	11,52	47,40	6590,09	80,08	5,74	58,31	127,31	1581,93	78,00
	2	Água Velha (antes de n	28/11/2013	12	7,7	1,49	102,60	77,40	0,05	10,37	47,40	4521,11	89,69	7,61	58,62	44,06	1076,83	104,67
	3	Água Nova (após muda	28/11/2013	13	7,4	1,54	90,70	121,51	0,04	28,80	32,81	4674,36	128,13	8,64	44,58	44,06	1104,74	68,00
	4	Água Nova (após muda	28/11/2013	11	7,2	1,41	90,40	149,97	0,04	9,79	32,81	6513,46	128,13	11,99	21,72	121,22	1551,63	113,00
	5	Água a meio do ciclo (8	05/12/2013	14	8,1	1,58	93,30	131,47	0,03	33,41	32,81	4214,59	136,14	3,18	48,99	149,64	991,06	27,17
	6	Água a meio do ciclo (8	05/12/2013	15	8,1	1,30	94,40	98,75	0,02	25,92	25,52	3678,19	107,31	3,81	36,56	141,52	867,72	23,83
	7	Água Velha (antes de n	12/12/2013	16	7,9	1,74	103,20	132,89	0,07	32,26	47,40	5249,08	129,73	3,64	54,60	111,07	1244,00	78,00
	8	Água Velha (antes de n	12/12/2013	18	7,9	1,79	99,60	102,30	0,03	25,92	40,10	5172,45	131,33	3,41	57,41	100,91	1224,99	101,33
	9	Água Nova (após muda	12/12/2013	17	7,4	1,81	114,20	125,07	0,00	27,07	40,10	6206,94	208,21	9,55	49,39	107,01	1457,69	90,50
	10	Água Nova (após muda	12/12/2013	19	7,4	1,55	118,60	67,88	0,00	20,16	32,81	5364,02	144,14	7,95	42,17	66,40	1268,43	38,83
	11	Água a meio do ciclo (8	19/12/2013	8	8,1	1,60	80,90	81,67	0,11	17,28	32,81	6130,31	144,14	3,24	48,28	178,07	1454,64	57,17
	12	Água a meio do ciclo (8	19/12/2013	9	7,9	1,54	85,90	72,42	0,10	14,40	32,81	5364,02	160,16	5,40	38,16	18,01	1264,54	82,17
	13	Água Velha (antes de n	26/12/2013	21	7,6	1,04	123,90	103,01	0,15	1,15	10,94	6896,60	192,19	5,34	36,56	24,24	1629,17	17,17
	14	Água Velha (antes de n	26/12/2013	22	7,6	1,37	122,80	117,95	0,19	0,58	47,40	5364,02	185,79	3,41	46,98	66,40	1258,31	69,67
	15	Água Nova (após muda	26/12/2013	20	7,2	1,69	130,00	95,90	0,00	18,43	32,81	6130,31	171,37	9,20	47,39	16,12	1448,02	52,17
	16	Água Nova (após muda	26/12/2013	23	7,3	1,83	136,50	106,57	0,00	17,28	47,40	6130,31	161,76	9,66	44,27	149,64	1450,36	33,00
	17	Água a meio do ciclo (8	02/01/2014	24	7,7	1,52	124,40	73,13	0,81	8,64	47,40	6360,20	153,75	4,38	44,18	37,24	1508,17	14,67
	18	Água a meio do ciclo (8	02/01/2014	25	7,9	1,53	119,60	23,33	0,51	8,64	32,81	6053,68	184,18	5,34	41,77	28,71	1426,29	33,00
	19	Água Velha (antes de n	08/01/2014	26	7,7	1,48	120,90	46,10	1,50	0,29	47,40	6513,46	176,18	4,94	42,17	0,07	1539,96	-6,17
	20	Água Velha (antes de n	08/01/2014	27	7,8	1,47	112,50	41,83	1,27	0,00	61,98	6705,03	174,57	2,73	38,16	60,30	1586,90	73,00
SNART	21	Água Nova (após muda	15/03/2014	1	7,4	1,43	54,40	10,04	0,45	23,04	149,48	4559,42	156,96	1,42	103,53	198,38	1069,80	36,33
	22	Água a meio do ciclo (8	22/03/2014	5	7,8	1,42	85,40	6,04	0,07	20,16	164,06	7126,49	137,74	1,19	121,47	161,83	1698,27	64,67
	23	Água Velha (antes de n	01/04/2014	6	7,4	1,35	96,80	7,30	0,13	8,64	185,94	7088,17	160,16	1,08	129,49	121,22	1683,51	58,83
	24	Água Nova (após muda	01/04/2014	4	7,4	1,42	93,10	10,26	0,05	1,73	360,94	2107,29	62,46	0,28	233,76	182,13	496,89	83,83
	25	Água Nova (após muda	04/04/2014	3	7,7	1,40	88,70	5,49	0,05	0,00	353,65	1915,72	64,06	1,14	235,77	123,25	449,95	41,33
	26	Água Velha (antes de n	14/04/2014	28	8,0	1,51	97,30	0,38	0,01	0,00	397,40	2682,01	83,28	0,85	259,83	27,90	631,49	
	27	Água Nova (após muda	14/04/2014	29	7,4	2,22	54,40	3,90	0,02	34,56	484,90	2490,44	51,25	0,23	351,23	3,80	592,72	
	28	Água Meio Ciclo	26/04/2014	7	7,7	1,40	86,60	10,88	0,05	16,13	185,94	3831,45	132,93	1,42	120,47	167,92	898,74	

Anexo 3 – Decreto-lei 236 de 98

Parâmetros	Expressão dos resultados	VMR	VMA	Frequência mínima de amostragem	Métodos analíticos de referência
Cianetos	mg/l	—	—	(²)	Espectrometria de absorção molecular com reagente específico.
Nitratos e fosfatos	mg/l <i>NO₃</i> <i>PO₄</i>	—	—	(³)	Espectrometria de absorção molecular com reagente específico.

(¹) Quando a amostragem efectuada em anos anteriores tenha dado resultados sensivelmente melhores que os especificados neste anexo e não se verificando qualquer fenómeno susceptível de provocar uma degradação da qualidade da água, as autoridades competentes podem reduzir a frequência de amostragem de um factor 2.

(²) Este valor deve ser verificado pelas autoridades competentes quando um inquérito local na zona balnear revele a sua presença ou que a qualidade da água se deteriorou.

(³) Estes parâmetros devem ser verificados pelas autoridades competentes sempre que haja tendência para a eutrofização das águas.

VMR — valor máximo recomendado.

VMA — valor máximo admissível.

(O) Os limites podem ser excedidos no caso de condições geográficas ou meteorológicas excepcionais.

ANEXO XVI

Qualidade das águas destinadas à rega

Parâmetro S	Expressão dos resultados	VMR	VMA	Observações
Alumínio (<i>Al</i>)	mg/l	5,0	20	Risco de improdutividade em solos com <i>pH</i> 5,5. Em solos com <i>pH</i> 7 o risco de toxicidade é eliminado por precipitar o alumínio.
Arsénio (<i>As</i>)	mg/l	0,10	10	Toxicidade variável consoante as culturas, oscilando entre 12 mg/l para a erva-do-sudão e 0,05 mg/l para o arroz.
Bário (<i>Ba</i>)	mg/l	1,0		
Berílio (<i>Be</i>)	mg/l	0,5	1,0	
Boro (<i>B</i>)	mg/l	0,3	3,75	Para solos de textura fina e em curtos períodos recomenda-se como concentração máxima 2 mg/l.
Cádmio (<i>Cd</i>)	mg/l	0,01	0,05	Tóxico para o feijoeiro, beterraba e nabo em concentrações da ordem dos 0,1 mg/l em soluções nutritivas. Recomenda-se limites mais restritivos, dado este ião se acumular nas plantas e no solo, podendo prejudicar o ser humano.
Chumbo (<i>Pb</i>)	mg/l	5,0	20	As concentrações muito elevadas podem inibir o desenvolvimento celular das culturas.
Cloretos (<i>Cl</i>)	mg/l	70	—	Para a cultura do tabaco recomenda-se uma concentração inferior a 20 mg/l, não devendo exceder os 70 mg/l.
Cobalto (<i>Co</i>)	mg/l	0,05	10	Tóxico em soluções nutritivas para a cultura do tomate na ordem dos 0,1 mg/l. Tende a ser inactivo em solos neutros ou alcalinos.
Cobre (<i>Cu</i>)	mg/l	0,20	5,0	Tóxico em soluções nutritivas com concentrações entre 0,1 mg/l e 1 mg/l para diversas culturas.
Crómio total (<i>Cr</i>)	mg/l	0,10	20	Por se desconhecer o seu efeito tóxico, recomendam-se limites mais restritivos.
Estanho (<i>Sn</i>)	mg/l	2,0		
Ferro (<i>Fe</i>)	mg/l	5,0		Não tóxico em solos bem arejados, mas pode contribuir para a acidificação do solo, tornando indisponível o fósforo e o molibdénio.
Flúor (<i>F</i>)	mg/l	1,0	15	Inactivado em solos neutros e alcalinos.
Lítio (<i>Li</i>)	mg/l	2,5	5,8	Tolerado pela maioria das culturas em concentrações superiores a 5 mg/l; móvel no solo. Tóxico para os citrinos a baixas concentrações (~ 0,075 mg/l).

Parâmetro S	Expressão dos resultados	VMR	VMA	Observações
Manganés (<i>Mn</i>)	mg/l	0,20	10	Tóxico para um certo número de culturas desde algumas décimas até poucos mg/l, mas normalmente só em solos ácidos.
Molibdénio (<i>Mo</i>)	mg/l	0,005	0,05	Não é tóxico em concentrações normais. Em solos ricos em molibdénio livre as forragens podem no entanto ocasionar toxicidade nos animais.
Níquel (<i>Ni</i>)	mg/l	0,5	2,0	Tóxico para um certo número de culturas entre 0,5 mg/l e 1 mg/l; reduzida toxicidade para <i>pH</i> neutro ou alcalino.
Nitratos (<i>NO₃</i>)	mg/l	50		Concentrações elevadas podem afectar a produção e qualidade das culturas sensíveis. No plano de fertilização da parcela convirá contabilizar o azoto veiculado pela água de rega.
Salinidade: CE SDT	dS/m mg/l	1 640		Depende muito da resistência das culturas à salinidade, bem como do clima, do método de rega e da textura do solo.
SAR ⁽¹⁾		8		Depende da salinidade da água, características do solo e do tipo de cultura a ser irrigada.
Selénio (<i>Se</i>)	mg/l	0,02	0,05	Tóxico para culturas em concentrações da ordem dos 0,025 mg/l. Em solos com um teor relativamente elevado em selénio absorvido as forragens podem ocasionar toxicidade nos animais.
Sólidos suspensos totais (SST).	mg/l	60		Concentrações elevadas poderão ocasionar colmatagem em solos e assoreamento nas redes de rega, bem como entupimentos nos sistemas de rega gota-a-gota e aspersão, bem como neste último sistema a água poderá provocar depósitos sobre as folhas e frutos.
Sulfatos (<i>SO₄</i>)	mg/l	575		
Vanádio (<i>V</i>)	mg/l	0,10	1,0	Tóxico para diversas culturas em concentrações relativamente baixas.
Zinco (<i>Zn</i>)	mg/l	2,0	10,0	Tóxico para diversas culturas numa gama ampla, toxicidade reduzida a <i>pH</i> ≠6 e solos de textura fina ou de solos orgânicos.
<i>pH</i>	Escala de Sorensen	6,5-8,4	4,5-9,0	
Coliformes fecais	/100 ml	100		
Ovos de parasitas intestinais	N/l		1	

⁽¹⁾ A relação de adsorção de sódio (SAR) é traduzida pela seguinte equação, onde as concentrações devem estar expressas em meq/l: $SAR = Na / [(Ca + Mg) / 2]^{1/2}$.

ANEXO XVII

Métodos analíticos de referência e frequência mínima de amostragem das águas destinadas à rega

Parâmetros	Expressão dos resultados	Métodos analíticos de referência	Frequência mínima de amostragem (*)
Alumínio (<i>Al</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica ou espectrometria de absorção molecular	⁽¹⁾
Arsénio (<i>As</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica ou espectrometria de absorção molecular	⁽¹⁾
Bário (<i>Ba</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica	⁽¹⁾
Berílio (<i>Be</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica	⁽¹⁾
Boro (<i>B</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica ou espectrometria de absorção molecular	⁽¹⁾

Parâmetros	Expressão dos resultados	Métodos analíticos de referência	Frequência mínima de amostragem (*)
Cádmio (<i>Cd</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica ou polarografia	(¹)
Chumbo (<i>Pb</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica Polarografia	(¹)
Cloretos (<i>Cl</i>)	mg/l	Titulação (método de Mohr) ou espectrometria de absorção molecular	Semestral (²).
Cobalto (<i>Co</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica	(¹)
Cobre (<i>Cu</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica ou espectrometria de absorção molecular ou polarografia.	(¹)
Crómio total (<i>Cr</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica ou espectrometria de absorção molecular	(¹)
Ferro (<i>Fe</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica depois de filtração sobre membrana filtrante (0,45 l m) ou espectrometria de absorção molecular depois de filtração sobre membrana filtrante (0,45 l m).	(¹)
Flúor (<i>F</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção molecular ou eléctrodos específicos	(¹)
Lítio (<i>Li</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica	(¹)
Manganés (<i>Mn</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica Espectrometria de absorção	(¹)
Molibdénio (<i>Mo</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica	(¹)
Níquel (<i>Ni</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica	(¹)
Nitratos (<i>NO₃</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção ou eléctrodos específicos	(¹)
Salinidade: CE SDT	dS/m a 25°C mg/l	Electrometria Secagem a 180°C e pesagem	Semestral (²).
SAR		$SAR = Na / [(Ca + Mg) / 2]^{1/2}$ (**)	Semestral (²).
Selénio (<i>Se</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica	(¹)
Sólidos suspensos totais (SST).	mg/l	Centrifugação (tempo mínimo de cinco minutos; aceleração média de 2800 g a 3000 g), secagem a 105°C e pesagem ou filtração através da membrana filtrante de 0,45 µm, secagem a 105°C e pesagem.	(¹)
Sulfatos (<i>SO₄</i>)	mg/l	Gravimetria ou complexometria ou espectrometria	(¹)
Vanádio (<i>V</i>)	mg/l	Absorção atómica	(¹)
Zinco (<i>Zn</i>)	mg/l	Espectrometria de absorção atómica ou espectrometria de absorção molecular	(¹)
pH	Escala de Sorensen	Electrometria	Semestral (²).
Coliformes fecais	/100 ml	Fermentação em tubos múltiplos e subcultura dos tubos positivos em meios de confirmação. Determinação por NMP.	(¹)
Ovos de parasitas intestinais	N/I	Contagem com o auxílio de microscópio	(¹)

(¹) As águas doces para rega não apresentam normalmente teores elevados deste elemento, pelo que se recomenda uma análise de despistagem. Sempre que haja degradação da água de rega, devem as DRA, com base na fonte poluidora, definir a frequência de amostragem, após parecer das DRAG.

(²) Quando, em dois anos consecutivos, os resultados analíticos forem inferiores ou iguais ao valor máximo recomendado (VMR) e não se verificar nenhum fenómeno susceptível de provocar uma degradação da qualidade da água, recomenda-se como frequência mínima de amostragem uma vez por ano (durante o período de rega). No entanto, as DRA podem definir outra frequência de amostragem, após parecer da DRAG.

(*) Quando não se verifique a conformidade da água para rega, de acordo com o disposto no n.º 2 do artigo 61.º, deve a DRAG definir o prazo para novas amostragens.

(**) Concentração dos cationes expressa em meq/l.

ANEXO XVIII

Valores limite de emissão (VLE) na descarga de águas residuais

Parâmetros	Expressão dos resultados	VLE ⁽¹⁾
<i>pH</i> (0)	Escala de Sorensen	6,0-9,0 ⁽²⁾
Temperatura (0)	°C	Aumento de 3°C ⁽³⁾
CBO ₅ , 20°C (20) (0)	mg/l O ₂	40
CQO (0)	mg/l O ₂	150
SST (0)	mg/l	60
Alumínio	mg/l Al	10
Ferro total	mg/l Fe	2,0
Manganés total	mg/l Mn	2,0
Cheiro	—	Não detectável na diluição 1:20
Cor (0)	—	Não visível na diluição 1:20
Cloro residual disponível:		
Livre	mg/l Cl ₂	0,5
Total	mg/l Cl ₂	1,0
Fenóis	mg/l C ₆ H ₅ OH	0,5
Óleos e gorduras	mg/l	15
Sulfuretos	mg/l S	1,0
Sulfitos	mg/l SO ₃	1,0
Sulfatos	mg/l SO ₄	2000
Fósforo total	mg/l P	10 3 (em águas que alimentem lagoas ou albufeiras) 0,5 (em lagoas ou albufeiras)
Azoto amoniacal	mg/l NH ₄	10
Azoto total	mg/l N	15
Nitratos	mg/l NO ₃	50
Aldeídos	mg/l	1,0
Arsénio total	mg/l As	1,0
Chumbo total	mg/l Pb	1,0
Cádmio total	mg/l Cd	0,2
Crómio total	mg/l Cr	2,0

Parâmetros	Expressão dos resultados	VLE ⁽¹⁾
Crómio hexavalente	mg/l Cr (VI)	0,1
Cobre total	mg/l Cu	1,0
Níquel total	mg/l Ni	2,0
Mercúrio total	mg/l Hg	0,05
Cianetos totais	mg/l CN	0,5
Sulfuretos	mg/l S	1,0
Óleos minerais	mg/l	15
Detergentes (sulfato de lauril e sódio)	mg/l	2,0 ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ VLE valor limite de emissão, entendido como média mensal, definida como média aritmética das médias diárias referentes aos dias de laboração de um mês, que não deve ser excedido. O valor diário, determinado com base numa amostra representativa da água residual descarregada durante um período de vinte e quatro horas, não poderá exceder o dobro do valor médio mensal (a amostra num período de vinte e quatro horas deverá ser composta tendo em atenção o regime de descarga das águas residuais produzidas).

⁽²⁾ O valor médio diário poderá, no máximo, estar compreendido no intervalo 5,0-10,0.

⁽³⁾ Temperatura do meio receptor após a descarga de água residual, medida a 30 m a jusante do ponto de descarga, podendo o valor médio exceder o valor médio mensal do 2.º

⁽⁴⁾ O valor médio diário não poderá exceder o dobro do valor médio mensal.

⁽⁵⁾ Valor relativo à descarga da unidade industrial para a produção de HCH extracção de lindano ou, simultaneamente, produção de HCH e extracção de lindano.

ANEXO XIX

Lista I de famílias de grupos de substâncias

A lista I inclui determinadas substâncias individuais que fazem parte das famílias e grupos de substâncias a seguir indicados, a escolher principalmente com base na toxicidade, persistência e bioacumulação, com excepção das que são biologicamente inofensivas ou que se transformam rapidamente em substâncias biologicamente inofensivas:

- 1) Compostos orgânicos de halogéneo e substâncias que podem produzir tais compostos no meio aquático;
- 2) Compostos orgânicos de fósforo;
- 3) Compostos orgânicos de estanho;
- 4) Substâncias em relação às quais se provou que possuem um poder cancerígeno no meio aquático ou por intermédio deste (*);
- 5) Mercúrio e compostos de mercúrio;
- 6) Cádmio e compostos de cádmio;
- 7) Óleos minerais persistentes e hidrocarbonetos de origem petrolífera persistentes;
- 8) Matérias sintéticas persistentes que podem flutuar, ficar em suspensão ou afundar-se e que podem prejudicar qualquer utilização das águas.

(*) Determinadas substâncias enunciadas na lista II ficam incluídas na categoria 4, na medida em que têm um poder cancerígeno.

Lista II de famílias de grupos de substâncias

A lista II inclui:

- As substâncias que fazem parte das famílias e grupos de substâncias constantes da lista I e para as quais os valores limite referidos no artigo 6.º da Directiva n.º 76/464/CEE, de 4 de Maio, não foram fixados;
- Determinadas substâncias individuais e determinadas categorias de substâncias que fazem parte das famílias e grupos de substâncias a seguir enumeradas;

e que têm um efeito prejudicial no meio aquático, que pode, todavia, ser limitado a uma certa zona e que

depende das características das águas de recepção e da respectiva localização.

Famílias e grupos de substâncias referidos no segundo travessão:

- 1) Metalóides e metais a seguir mencionados, assim como os respectivos compostos:

- 1) Zinco;
- 2) Cobre;
- 3) Níquel;
- 4) Crómio;
- 5) Chumbo;
- 6) Selénio;
- 7) Arsénio;
- 8) Antimónio;
- 9) Molibdénio;
- 10) Titânio;
- 11) Estanho;
- 12) Bário;
- 13) Berílio;
- 14) Boro;
- 15) Urânio;
- 16) Vanádio;
- 17) Cobalto;
- 18) Tálcio;
- 19) Telúrio;
- 20) Prata;

- 2) Biocidas e respectivos derivados que não figuram na lista I;
- 3) Substâncias que têm um efeito prejudicial no sabor ou no cheiro dos produtos para o consumo do homem derivados do meio aquático, assim como os compostos susceptíveis de produzir tais substâncias nas águas;
- 4) Compostos orgânicos de silício tóxicos ou persistentes e substâncias que podem produzir tais compostos nas águas, com exclusão dos que são biologicamente inofensivos ou que se transformam rapidamente na água em substâncias inofensivas;